



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이학석사 학위논문

경기만 해안사구의 귀화식물 분포와 특성

Distribution patterns and characteristics of naturalized plants in coastal sand dunes of Gyeonggi bay, Korea

2020년 8월

서울대학교 대학원

생명과학부

김영은

국문초록

해안사구는 해양생태계와 육상생태계의 전이대로 생태적으로 높은 가치를 지니고 있다. 그러나 최근 인간의 활동으로 인해 대부분이 파괴되었으며, 특히 경기만에서는 각종 개발과 간척사업이 시행되어 왔다. 이에 본 연구는 경기만 해안사구 식생의 현황을 파악하고, 경기만의 귀화식물 특성과 분포를 확인하여 효과적인 관리 방안을 수립하기 위한 기초 자료로 제공하고자 수행되었다. 이를 위해 경기만의 7개 지역에서 transect 방법을 이용하여 출현종에 대한 조사가 이루어졌으며, 토양 분석을 통해 환경요인을 조사하고 환경지수를 산출하였다. 이후 TWINSpan 분석을 이용한 군락 분류를 실시하였으며 CCA 분석을 이용해 환경요인과 군락 간의 상관관계를 파악하였다. 또한 선행 문헌을 참고하여 서해안 해안사구 귀화식물상과 경기만 해안사구 귀화식물상을 비교하였다. 조사 결과 경기만 해안사구의 식생은 22과 49속 54종 5변종의 총 59분류군이었으며 경기만의 환경지수는 귀화율 23.7, 도시화지수 2.6, 교란율 12.5로 나타났다. 경기만의 해안사구식생 군락은 갯쇠보리-억새 군락, 갯그렁-순비기나무-방울비짜루 군락, 갯그렁 군락, 갯메꽃-통보리사초 군락, 갯메꽃-좀보리사초 군락, 바랭이 군락, 좀보리사초 군락, 취명아주 군락 등 8개 군락으로 구분되었으며 군락은 만조선에서 먼 순서로 나타났다. 경기만의 귀화식물의 특성과 비교하기 위해 서해안 해안사구의 귀화식물상을 정리한 결과, 이들의 원산지는 대부분 북아메리카, 북아프리카, 유럽 등 기후대적으로 북반구 온대지역에 해당하였으며 이는 경기만에서도 크게 다르지 않았다. 휴면형은 서해안 해안사구와 경기만 모두 일년생 식물이 가장 높은 비율을 차지하였으며 종자산포형은 전체 및 경기만 모두 중력산포형이 가장 많은 비중을 차지하였다. 연구 결과, 경기만의 귀화율은 비교적 높은 편이었으며, 귀화식물인 취명아주 군락과 비사구 자생식물인 바랭이 군락이 만조선에 가깝게 침입해 있어 귀화식물만이 아니라 비사구식물에 대한 관리도 필요하다고 여겨졌다. 경기만의 귀화식물 특성은 전체 해안사구의 귀화식물 특성과 크게 다르지 않았으므로 확인된 14종 외에도 다른 종이 유입될 가능성이 있어 보인다. 따라서 침입이 예상되는 경기

만 해안사구의 귀화식물에 대한 관리와 사구 보전에 대한 대책이 필요하다고 생각된다. 특히 생장률과 번식률이 높은 생태계교란야생식물인 가시상추와 환삼덩굴이 경기만에 출현하여 지속적인 모니터링과 관리가 필요할 것으로 보인다.

주요어: 해안사구, 귀화식물, 경기만, 서해안, 식물 분포, 생태적 특성, 환경 요인

학번: 2018-20416

목 차

국문초록	1
목차	3
List of Figures	5
List of Tables	6
 I . 서론	 7
1. 귀화식물과 해안사구 정의	7
2. 해안사구 식물 연구 현황	10
3. 연구 목적	13
 II . 연구 방법	 14
1. 현장 조사	14
1.1. 조사지 개황	14
1.2. 현장 식생 조사	14
1.3. 토양 분석	19
1.4. 환경지수	19
1.5. 식생 군락 분류	20
1.6. 환경 요인과 군락 간의 상관관계	20
2. 문헌 데이터 분석	21
2.1 귀화식물의 특성 별 분석	21

Ⅲ. 연구 결과	23
1. 경기만 해안사구 출현 식물종	23
2. 토양 환경	25
3. 환경지수 분석	26
4. 군락 분류	27
4.1. TWINSpan 분석	27
4.2. 환경 요인과 군락 간의 상관관계	29
5. 해안사구 귀화식물	30
6. 귀화식물의 특성 분석	34
6.1. 분류군 별 특성(과)	34
6.2. 원산지	36
6.3. 휴면형	38
6.4. 종자산포형	39
Ⅳ. 고찰 및 결론	41
참고문헌	45
부록	49
Abstract	61

List of Figures

Figure 1. The view of frontal dune and a mimetic diagram of coastal dunes.	9
Figure 2. The view of coastal dunes.	12
Figure 3. The location of study sites.	15
Figure 4. A mimetic diagram of transect method.	18
Figure 5. TWINSpan classification of 104 quadrats, and main dominants in each vegetation group.	28
Figure 6. Canonical Correspondence Analysis(CCA) with 8 vegetation groups and environmental factors.	29
Figure 7. The comparisons of naturalized plants in coastal dunes of West coast, Korea (blue bar) and Gyeonggi bay (red bar).	35
Figure 8. The comparisons of naturalized plants' origins in coastal dunes of West coast, Korea (blue bar) and Gyeonggi bay (red bar).	37
Figure 9. The comparisons of naturalized plants' dormancy forms in coastal dunes of West coast, Korea (blue bar) and Gyeonggi bay (red bar).	38

List of Tables

Table 1. Sites number, location of sites and survey.	16
Table 2. Raunkier's dormancy form spectra.	21
Table 3. Main dispersal syndromes and their attributes.	22
Table 4. List of vascular plants in study sites.	23
Table 5. Soil physiochemical properties (mean±SE) of sites.	25
Table 6. Environmental assesment indices of sites.	26
Table 7. List of naturalized plants in west coast, Korea.	31
Table 8. Main seed dispersal syndroms of naturalized plants in coastal dunes of west coast.	39
Table 9. Main seed dispersal syndroms of naturalized plants in coastal dunes of Gyeonggi bay.	40

I. 서론

1. 귀화식물과 해안사구 정의

(1) 귀화식물

귀화식물이란 의도적 또는 비의도적으로 원산지에서 벗어나 다른 지역으로 이입된 식물로 타지에서 자력으로 생활하는 외래식물을 말한다(임양재&전의식, 1980). 귀화식물은 다음의 세 가지 조건을 갖추어야 한다(박수현, 1996). 첫째, 식물의 원산지가 외국이어야 하며 외국에서 생육 장소를 우리나라로 옮겨온 식물이어야 한다. 둘째, 인간에 의해 옮겨진 식물이어야 한다. 셋째, 외래식물이 우리나라에서 야생화되어 생활환(life-cycle)을 이루어야 한다.

귀화식물은 적응력이 강하여 서식영역의 확장 속도가 매우 빠르며, 선택하는 서식지의 환경조건도 광범위하다(오현경 등, 2009). 귀화식물의 생장 시기는 짧지만 꽃이 피거나 종자를 맺는 시기가 길고, 환경조건이 좋은 경우 많은 수의 종자를 만들어 낸다(박수현, 1996). 이러한 특징으로 인해 귀화식물은 군집을 자체적으로 유지시키고 재생함으로써 자생식물의 감소를 초래한다(Richardson et al., 2000).

귀화식물의 정의는 연구 결과에 따라 달라지지만 일반적으로 개항(1876년)을 기준으로 개항 이전에 도입된 식물을 사전귀화식물, 개항 이후에 도입된 식물을 신귀화식물로 정의한다(이유미, 2011). 본 연구에서는 2017년에 발간된 ‘한반도 외래식물’(김창기&길지현, 2017)을 기준으로 사전귀화식물과 신귀화식물을 모두 포함한 외래식물 539종을 귀화식물로 정의하였다.

(2) 해안사구

해안사구는 해류와 연안류에 의해 운반된 해변의 모래가 바람에 의해 내륙으로 다시 운반되어 해안선을 따라 평행하게 쌓인 모래언덕을 말한다(환경부, 2001). 해안사구의 형태는 일차적으로 해안선을 따라 형성되는 전(前)사구와 퇴적된 모래가 다시 침식, 운반, 퇴적되면서 형성되는 2차사구로 구분된다. 본 연구에서는 환경부의 정의에 따라 사빈(모래사장)부터 전사구, 2차사구를 포함한 지역을 사구지대로 보았다(Figure

1).

해안사구는 생태적으로 매우 중요한 지형으로 높은 가치를 지니고 있다. 첫째로 해안사구는 사빈으로부터 공급되는 모래를 저장하고 있다가 태풍이나 해일 등으로 사빈의 모래가 유실되면 저장된 모래를 다시 사빈으로 공급함으로써 해안선을 유지하는 기능을 한다(환경부, 2002). 이때 육지와 바다의 모래가 교환되며 영양소를 포함한 물질 교환도 발생한다. 두 번째로 해안사구는 자연재해 발생 시 그 피해를 완화시키는 자연방파제의 역할을 한다. 세 번째로 해안사구는 모래에 공극이 많아 물을 정화할 수 있으며, 많은 지하수를 포함한다. 사구에 저장된 물은 주변 생물들뿐만 아니라 해안 거주민들에게도 식수, 생활용수, 농업용수로 사용된다(국립환경과학원, 2015). 또한 해안사구는 지형 변화가 빠르고 일조량과 바람이 강하며 염분 농도가 높아 일반적인 육상 생물들은 살아가기 어렵다(국립환경과학원, 2015; 환경부, 2002). 따라서 해안사구에는 척박한 환경에 적응한 독특한 생물들만이 살아갈 수 있다.

해안사구는 해풍에 의해 지속적으로 모래가 변화하며 동시에 염분과 항상 접하기 때문에 영양분과 수분 함량이 적다(Brown&McLachlan, 2010). 따라서 해안사구에 분포하는 식물들은 땅속줄기를 옆으로 길게 뻗으며 마디마다 뿌리를 내리거나 땅속 깊이 뿌리를 내려 몸을 지탱하는 동시에 수분의 흡수를 최대화할 수 있게 적응하였다. 또한 모래 속에 파묻히는 것을 방지하고 강한 바람에서 몸을 지탱하기 위해 잎을 늘 모래 위로 내밀며, 지면에 붙어 바닥을 기거나 비스듬하게 옆으로 뻗으며 자란다(김은규, 2013). 대표적인 해안사구 식물로는 통보리사초, 쯤보리사초, 갯그령, 갯씀바귀 등이 있다.

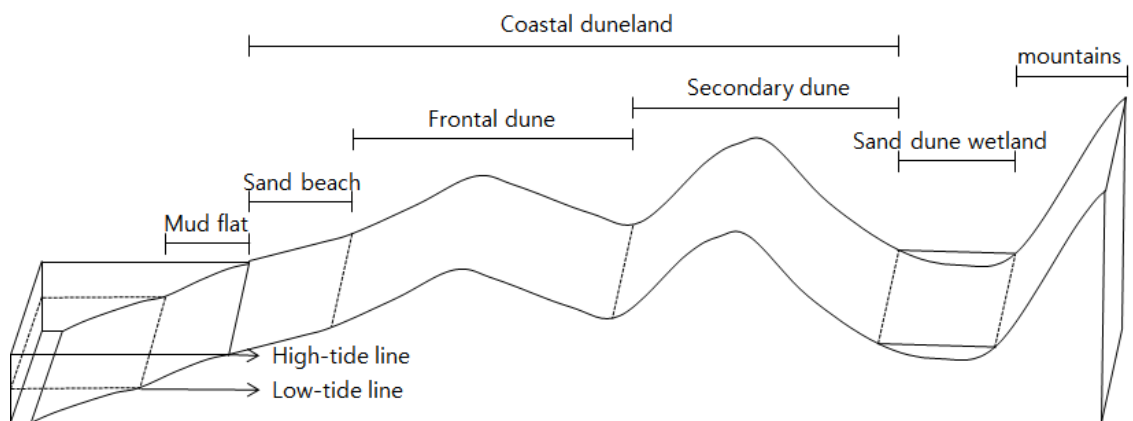


Figure 1. The view of frontal dune(photographed in August 2019; up) and a mimetic diagram of coastal dunes(down).

2. 해안사구 식물 연구 현황

국외에서는 해안사구의 교란 요인에 대한 연구가 수행되고 있으며, 특히 인간에 의한 답압 효과가 식생에 미치는 영향에 대해 연구된 바 있다(Farris et al., 2013). 외국의 해안사구는 우리나라의 해안사구에 비해 규모가 크고 해안사구의 유형이 다양하기 때문에, 사구 유형별 식생에 대한 조사나 한 사구 내에서 기후에 따른 차이를 보는 등 다양한 연구가 진행되고 있다(Iwasato&Nagamatsu, 2018; Parra-Tabla et al., 2018).

우리나라의 해안사구에 대한 연구는 이우철&전상근(1983; 1984)이 서·남해안의 해안사구 식생 분포에 대해 조사한 것을 시작으로 2001년도 환경부에서 사구 보전의 중요성을 인식하면서 환경부와 국립환경과학원의 전국 해안사구 정밀조사(2003-2017)가 실시되었다.

이후 식물상 및 식생 특성(정용규&김종원, 1998; 최충호 등, 2006; 오승환&김혁진, 2008; 조우 등, 2009; 한영훈 등, 2013; 신학섭 등, 2015), 염생식물 분포(심현보 등, 2002; 2009)에 대한 연구 등이 수행된 바 있으나, 경기만의 해안사구에 대해서는 연구가 거의 이루어지지 않고 있다. 특히 해안선의 길이가 2km 미만인 곳은 전국 해안사구 목록에도 일부만이 포함되어 정확한 현황이 파악되지 않고 있다. 또한 사구에 서식하는 식생의 분포와 생리·생태적 특성에 대해서는 많이 연구가 되었으나 해안사구에 침입한 귀화식물에 관해서는 일부(Kim, 2005)를 제외하고 분포 이외에 연구된 바가 없다. 따라서 경기만 해안사구의 귀화식물에 대한 분포와 특성에 관한 연구가 필요하다고 여겨진다.

우리나라 해안사구는 대부분이 해수욕장으로 개발되어 파괴되었으며, 남아있는 사구 역시 개발 압력에 노출되어 있다(이철우&전상근, 1983; 환경부, 2001). 개발된 해안사구는 식당, 펜션, 군사초소 등의 건물과 제방, 펜스 등의 시설물 설치로 변형되어 전형적인 해안사구의 모습은 사라진 상태이다. 해수욕장으로 개발된 해안사구는 특히 관광객의 급증에 따른 사구 이용 형태의 변화로 식생 제거와 침입종의 증가가 나타나면서 사구의 기능과 식생의 파괴가 이어지고 있다(최영은, 2019). 인위적 교란은 사구 식물의 감소와 귀화식물의 침입뿐만 아니라 비사구 자생식물의 침입 또한 함께 유발하여 사구식생의 이점 중 하나인 해안선 유지의 기능을 감소시킨다(Feagin et al., 2019). 따라서 해안사구에 대한 연구는 지속적인 관심을 가지고 이루어져야 하며, 귀

화식물에 대한 관리 또한 함께 진행하여 사구식물에 대한 보전과 해안사구의 순기능을 유지할 필요가 있다.



Figure 2. The view of coastal dunes(photographed in August 2019). Disturbed Silmido coastal dune(up) and preserved northern coastal dune of Hanagae(down).

3. 연구 목적

이 연구의 최종 목표는 인위적 교란이 있는 경기만 해안사구에 분포하는 식생과 귀화 식물의 특성을 밝히고 관리가 필요한 해안사구 침입 귀화종을 특정하는 것이다. 본 연구는 현재 개발압력이 높은 경기만의 해안사구를 대상으로 (1) 경기만의 해안사구에 분포한 식생의 현황을 파악하고, (2) 현 식생을 군락으로 분류하여 환경 요인과의 관계를 정리하고, (3) 선행 문헌을 통해 서해안 해안사구의 귀화식물상을 정리하여 경기만과 비교하고, (4) 향후 해안사구의 귀화식물에 대한 효과적인 관리 방안을 수립하기 위한 기초 자료를 제공하기 위해서 수행되었다.

II. 연구 방법

1. 현장 조사

1.1. 조사지 개황

경기만은 인천광역시 강화군에서 충남 당진군과 접한 아산만까지의 연안 해역을 말하며, 인천광역시와 도서지역인 강화군, 옹진군, 그리고 경기도 시흥시, 안산시 및 화성군에 인접하여 있다. 경기만 내의 주요 항구인 인천은 조석간만의 차가 최대 8m에 이르는 대조차만(macrotidal bay)이며, 해안선에서 수십 km 앞바다까지 50m 미만으로 수심이 얕아 1970년대 이후부터 각종 개발과 간척사업이 시행되어 왔다(문동혁 등, 2009). 이 지역은 서울과 인천 등의 인접한 대도시의 생활권 및 임해 공업단지와 접하고 있어 각종 오염물질이 유입된다. 또한 경기도 시흥시와 대부도를 연결한 시화방조제, 인천 영종도와 용유도를 연결한 인천국제공항, 남양만의 우정 방조제, 인천 송도신도시 건설, 김포 쓰레기매립장, 남동공단 등 대규모 토목사업으로 생태계가 크게 변화하였으며 해안선의 길이가 단축되었다.

1.2. 현장 식생 조사

현장 조사는 2019년 7월부터 10월까지 총 10회에 걸쳐 진행되었으며, 서해안의 경기만에 위치한 해안사구 중에서 도로와 연결되어 인위적 교란이 있고 해안선의 길이가 2km를 넘지 않는 곳을 대상으로 선정하였다. 그 결과 조건에 부합하는 조사지는 총 12곳이었으며 그 중 식생이 전혀 존재하지 않거나 식생대가 1m를 넘지 않아 방형구 설치가 불가능했던 곳을 제외하고 총 7곳에서 방형구 조사를 진행하였다(Table 1).

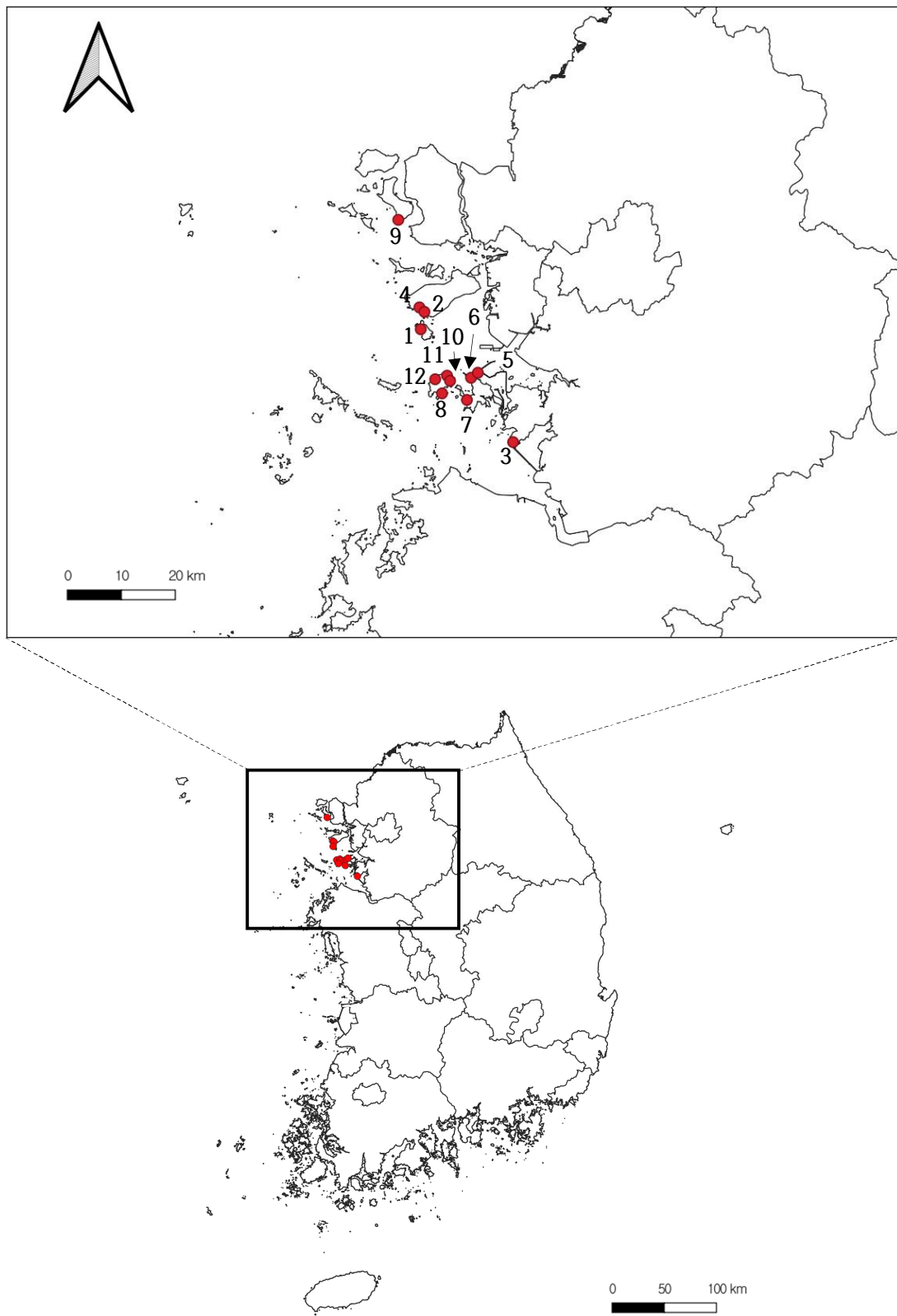


Figure 3. The location of study sites.

Table 1. Sites number, location of sites and survey.

Site No.	Longitude and latitude / Address	Name of sites	Survey
Site1	37°23'28.29"N 126°24'19.49"E Muui-dong, Jung-gu, Incheon	northern beach of Hanagae	quadrat installation, soil sampling
Site2	37°25'57.98"N 126°24'56.57"E Deokgyo-dong, Jung-gu, Incheon	Masian beach	quadrat installation, soil sampling
Site3	37°7'30.80"N 126°41'1.54"E Gungpyeong-ri, Seosin-myeon, Hwaseong, Gyeonggi-do	Gungpyeong-ri beach	quadrat installation, soil sampling
Site4	37°26'35.77"N 126°24'2.42"E Nambuk-dong, Jung-gu, Incheon	Yongyu-do beach	quadrat installation, soil sampling
Site5	37°17'21.78"N 126°34'37.66"E Daebubuk-dong, Danwon-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do	Bangameori beach	Unable to install quadrat
Site6	37°16'37.96"N 126°33'24.61"E Daebubuk-dong, Danwon-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do	east beach of Gubong-do	quadrat installation, soil sampling
Site7	37°13'27.73"N 126°32'42.89"E Daebunam-dong, Danwon-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do	west beach of Daebunam-dong	quadrat installation
Site8	37°14'21.83"N 126°28'15.63"E Oe-ri, Yeongheung-myeon, Ongjin-gun, Incheon	Nogari beach	Unable to install quadrat
Site9	37°39'2.79"N 126°20'3.59"E Maeum-ri, Samsan-myeon, Ganghwa-gun, Incheon	Minmeoru beach	quadrat installation, soil sampling
Site10	37°16'9.84"N 126°29'39.95"E Na-e-ri, Yeongheung-myeon, Ongjin-gun, Incheon	Yeongheungbuk-ro Beach	no vegetation
Site11	37°16'53.83"N 126°29'7.44"E Na-e-ri, Yeongheung-myeon, Ongjin-gun, Incheon	Simnipo beach	no vegetation
Site12	37°16'22.04"N 126°27'0.25"E Na-e-ri, Yeongheung-myeon, Ongjin-gun, Incheon	Janggyeongri beach	no vegetation

현장 조사에서는 해안가와 육지 사이에 환경 요인의 구배(gradient)가 있는 것을 고려해 transect 방법을 선택하고 해안선과 수직으로 무작위로 3개의 transect를 설정하였다. Transect 내에서는 만조선으로부터 식생대가 출현하는 지점까지의 거리를 재고 식생대가 시작되는 지점부터 1m 간격으로 1m × 1m 방형구를 설치하여 출현종과 피도를 확인하였다. 현장에서 동정되지 않은 출현종은 채집하여 실험실 내에서 원색대한식물도감(이창복, 2003)을 참고하여 동정하였다.

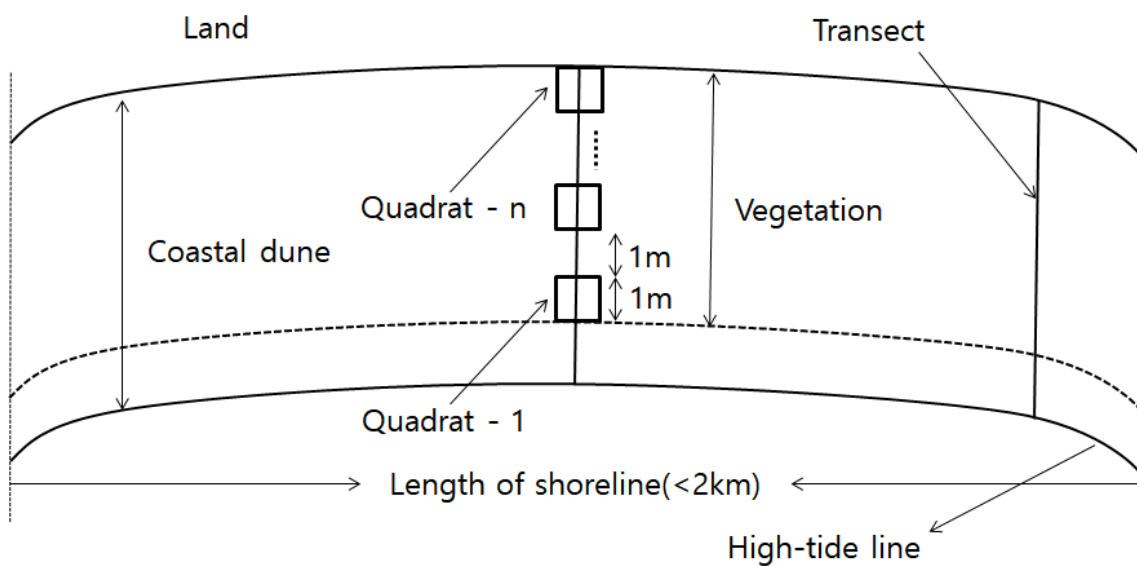


Figure 4. A mimetic diagram of transect method.

1.3. 토양 분석

식생이 전무하거나 채집이 불가능한 장소를 제외하고 총 6곳에서 토양을 채집하였으며, 현장 조사로부터 채집한 토양에 대한 분석은 2019년 11월부터 2020년 1월까지 수행되었다. 현장 조사에서 식생의 뿌리가 존재하는 지하부 20~30cm의 토양을 방형구 내에서 무작위로 세 곳에서 채집하여 하나로 섞고 이를 실험실 내에서 분석하여 수분 함량(WC), 토양 유기물 함량(SOM), pH, 전기전도도(EC)를 특정하였다. 생토는 그늘에서 충분히 풍건시킨 후 2mm 체로 걸러 비닐팩에 보관하였다. 보관된 샘플의 약 5g은 도가니에 담아 무게를 재고 건조기(SW90D, Sangwoo Sci. Co.)에서 105도로 72시간 동안 건조시킨 후 다시 무게를 재어 수분 함량을 측정하였고, 이를 다시 가마(JS-PEF-300S, Johnsam Co.)에서 550도로 4시간 동안 열을 가하여 무게를 잴으로써 유기물 함량을 측정하였다(김재근 등, 2004).

$$\text{수분 함량(\%)} = \frac{\text{젖은 토양 무게} - \text{건조 토양 무게}}{\text{건조 토양 무게}} \times 100$$

$$\text{유기물 함량(\%)} = \frac{105^{\circ}\text{C에서의 무게} - 550^{\circ}\text{C에서의 무게}}{550^{\circ}\text{C에서의 무게}} \times 100$$

pH와 EC는 풍건시킨 토양을 DW와 1:5(5g:25mL)의 비율로 conical tube에 섞어 진탕기로 한 시간 동안 섞은 뒤, 상층부를 pH 미터기(Eutech PC2700, Thermo Fisher Scientific Inc.)로 측정하였다.

집단 간 평균값에 유의한 차이가 있는지 확인하기 위해 Tukey's HSD test(Honestly Significant Difference)로 처리평균간 유의성 차이를 검정하였으며 R(3.6.3 ver., The R Foundation) 프로그램이 사용되었다.

1.4. 환경지수

귀화식물의 비중으로 환경을 정량적으로 평가할 수 있는 귀화율(Numata, 1975), 도

시화지수(임양재&전의식, 1980), 교란율(오현경 등, 2011)로 조사지역의 환경을 평가하였다. 산출 방식은 아래와 같다.

$$\text{귀화율(Naturalized index; NI)} = \frac{S}{V} \times 100$$

$$\text{도시화지수(Urbanized index; UI)} = \frac{S}{N} \times 100$$

$$\text{교란율(Disturbed index; DI)} = \frac{A}{I} \times 100$$

S: the number of naturalized plants in study site.

V: the total number of vascular plants in study site.

N: the total number of naturalized plants in South Korea. ;539 taxa by Kim and Kil(2017) were used.

A: the number of invasive alien plants in study site.

I: the total number of invasive alien plants in South Korea. ;16 taxa by Ministry of Environment(2020) were used.

1.5. 식생 군락 분류

경기만에 분포하고 있는 출현종의 식물군락유형을 분류하기 위하여 Hill(1979)의 TWINSpan을 이용하였으며 얻어진 자료는 0%, 2%, 5%, 10% 및 20%의 cut level 이 사용되었다.

1.6. 환경 요인과 군락 간의 상관관계

군락과 환경 요인 간의 상관관계를 보기 위해 CCA(Canonical correspondence analysis)를 이용하였으며, R(3.6.3 ver., The R Foundation) 프로그램이 사용되었다.

2. 문헌 데이터 분석

이전에 조사된 해안사구 식생의 국내 연구 데이터와 현장 조사의 데이터를 수합하여 해안사구에 출현하는 귀화식물상을 정리하였다(Appendix 1). 이중 경기만 해안사구의 귀화식물과 비교하기 위해 서해안 해안사구의 귀화식물을 따로 분류하고 특성을 분석하였다.

2.1. 귀화식물의 특성 별 분석

귀화식물은 분류단계(과), 원산지, 개화시기, 휴면형, 종자산포형, 종자 1000개의 평균 무게, 서식지 등 크게 7가지 특성으로 분석하였다. 원산지는 유럽, 북아메리카, 남아메리카, 북아프리카, 남아프리카 등 대륙 수준에서 나누었으며, 휴면형은 Raunkier(1934)에 따라 겨울눈의 위치로 분류하였다(Table 2).

Table 2. Raunkier's dormancy form spectra.

Life-form		Code	Position of dormancy bud	Example
Phanerophytes	Macrophanerophytes	MM	>8m in height	Trees
	Mesophanerophytes	M	=2 - 8m	Trees
	Nanophanerophytes	N	=30cm - 2m	Shrubs
	Chamaephytes	Ch	<30cm	
	Hemicryptophytes	H	Ground surface	Perennials
Cryptophytes	Geophytes	G	Underground	
	Helophytes, Hydrophytes	HH	Underwater	
	Therophytes	Th	Producing seeds	Annuals

종자산포형은 풍수매개산포(D1), 동물매개산포(D2), 자동산포(D3), 중력산포(D4) 그리고 영양번식(D5)의 다섯 가지로 나누어 분류하였다(Table 3). 종자의 무게는 종자 1000개의 평균 무게를 TRY database와 문헌을 참고로 하여 분석하였고, 서식지 또한 문헌을 바탕으로 분석하였다.

Table 3. Main dispersal syndromes and their attributes.

Main dispersal syndrome		Code	Attributes
Attained by external means	Hydrochory, Anemochory	D1	Seed dispersal by water and wind. Most plants' seeds are light and have a wing structure.
	Zoochory	D2	Seed dispersal by animals and their activities.
Attained by internal means	Ballochory	D3	Seed dispersal by force of dehiscence.
	Barochory	D4	Seed dispersal by gravity. Most plants' seeds fall proximate to parent plant.
No seed	Vegetative reproduction	D5	Asexual reproduction without seed dispersal.

Ⅲ. 연구 결과

1. 경기만 해안사구 출현종

현장조사 결과 7개 조사지역에서 조사된 경기만 해안사구의 출현종은 다음과 같다 (Table 4). 출현종은 22과 49속 54종 5변종의 총 59분류군으로 정리되었으며, 사구 식물은 16종으로 27.1%, 귀화식물은 14종으로 23.7%를 차지하였다.

Table 4. List of vascular plants in study sites.

Family	Scientific name	Korean name
Amaranthaceae	<i>Chenopodium album</i> var. <i>stenophyllum</i>	가는명아주
	<i>Suaeda glauca</i>	나문재
	<i>Salsola collina</i>	솔장다리
	<i>Salsola komarovii</i>	수송나물
	<i>Chenopodium ficifolium</i>	좀명아주
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주
	<i>Corispermum stauntonii</i>	호모초
Cannabaceae	<i>Humulus japonicus</i>	환삼덩굴
Commelinaceae	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀
Compositae	<i>Lactuca serriola</i>	가시상추
	<i>Ixeris repens</i>	갯씀바귀
	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘
	<i>Erigeron canadensis</i>	망초
	<i>Artemisia scoparia</i>	비쭉
	<i>Artemisia princeps</i>	쭉
	<i>Lactuca indica</i>	왕고들빼기
	<i>Xanthium canadense</i>	큰도꼬마리
Convolvulaceae	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃
Cruciferae	<i>Thlaspi arvense</i>	말냉이
	<i>Cakile edentula</i>	서양갯냉이
	<i>Lepidium ruderae</i>	좁다닥냉이
	<i>Lepidium virginicum</i>	콩다닥냉이
Cyperaceae	<i>Carex pumila</i>	좁보리사초
	<i>Carex kobomugi</i>	통보리사초
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea batatas</i>	마
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia humifusa</i>	땅빈대
Gramineae	<i>Setaria faberii</i>	가을강아지풀
	<i>Phragmites communis</i>	갈대
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀
	<i>Elymus mollis</i>	갯그렁
	<i>Ischaemum antheophoroides</i>	갯쇠보리

	<i>Eragrostis ferruginea</i>	그령
	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	띠
	<i>Digitaria violascens</i>	민바랭이
	<i>Digitaria ciliaris</i>	바랭이
	<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i>	솔새
	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새
	<i>Eleusine indica</i>	왕바랭이
	<i>Zoysia</i> sp.	잔디속
	<i>Miscanthus sinensis</i>	참억새
Lamiaceae	<i>Scutellaria strigillosa</i>	참골무꽃
Leguminosae	<i>Lathyrus japonicus</i>	갯완두
	<i>Lespedeza cuneata</i>	비수리
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	아까시나무
Liliaceae	<i>Asparagus oligoclonos</i>	방울비짜루
Menispermaceae	<i>Cocculus trilobus</i>	댕댕이덩굴
Onagraceae	<i>Oenothera biennis</i>	달맞이꽃
Pinaceae	<i>Pinus thunbergii</i>	곰솔
Polygonaceae	<i>Polygonum arenastrum</i>	갯마디풀
	<i>Rumex crispus</i>	소리쟁이
Rosaceae	<i>Rubus parvifolius</i>	명석달기
	<i>Prunus persica</i>	복사나무
	<i>Rosa rugosa</i>	해당화
Rubiaceae	<i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i>	갈퀴꼭두서니
	<i>Rubia akane</i>	꼭두서니
	<i>Diodia teres</i>	백령풀
Thymelaeaceae	<i>Wikstroemia trichotoma</i>	산닥나무
Tiliaceae	<i>Grewia parviflora</i>	장구밥나무
Verbenaceae	<i>Vitex rotundifolia</i>	순비기나무

2. 토양 환경

6개 지역의 토양 환경을 분석한 결과 평균 수분 함량은 1.57%, 유기물 함량은 0.87%, pH는 7.60, 전기전도도는 57.96dS/m로 조사되었다(Table 5). 모든 조사지역은 교란된 곳이라는 공통점이 있어 지역 간에 토양 환경 차이가 크지 않을 것으로 예상하였으나, 수분 함량(WC)과 pH에서 유의미한 차이가 있었다.

Table 5. Soil physiochemical properties (mean±SE) of sites. WC: water content, OM: soil organic matter content, EC: electrical conductivity, No: number of quadrat. Different superscripts within a column are significantly different at a $P < 0.05$ using Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test.

Sites	WC(%)	OM(%)	pH	EC(1:5)(dS/m)	No.
1	0.37±0.03 ^a	0.68±0.05	8.45±0.09 ^a	66.74±3.54	38
2	2.83±0.44 ^c	0.82±0.15	7.90±0.10 ^b	60.30±8.20	22
3	0.75±0.13 ^c	0.69±0.14	7.13±0.15 ^{cd}	44.77±3.93	6
4	1.27±0.24 ^c	0.92±0.22	7.76±0.10 ^{bd}	60.28±5.73	15
6	2.23±0.37 ^c	1.30±0.11	7.82±0.20 ^{bd}	59.79±12.85	10
9	1.98±0.59 ^c	0.82±0.33	6.55±0.08 ^{ce}	55.86±18.19	7
Pr(<f)	0.00899	0.586	6.45e-15	0.657	98

3. 환경지수 분석

본 조사에서 기록된 경기만 해안사구 7개 지역의 귀화종 수는 14종으로, 귀화종의 수량정보로 산출한 환경지수는 귀화율(NI) 23.7, 도시화지수(UI) 2.6, 교란율(DI) 12.5였다. 각각의 지역에서 환경지수를 분석해 본 결과 귀화율(NI)은 Site4, Site6, Site2에서 비교적 높게 나왔고, 도시화지수(UI)는 Site2, Site4에서 비교적 높게 나왔다(Table 6). 교란율(DI)은 Site2(마시안 해수욕장)와 Site4(용유도 해수욕장)에서 가시상추, Site7(대부남동 서쪽 해변)에서 환삼덩굴이 출현하면서 6.3으로 계산되었다.

Table 6. Environmental assesment indices of sites.

Indice	Site1	Site2	Site3	Site4	Site6	Site7	Site9	Gyeonggi bay
NI	15.0	23.3	7.1	26.3	25.0	10.0	12.5	23.7
UI	0.6	1.3	0.2	0.9	0.4	0.2	0.2	2.6
DI	-	6.3	-	6.3	-	6.3	-	12.5

4. 군락 분류

4.1. TWINSpan 분석

경기만에 분포하는 식생 출현종을 분류하기 위하여 전체 104개 방형구를 대상으로 TWINSpan을 실시하였다. 군락 분류의 수준(level)은 크게 3단계로 분류하였으며, 그 결과 군락유형은 총 8그룹으로 구분되었다(Figure 5).

제1수준(Level 1)은 쯔보리사초(+), 갯그령(-), 통보리사초(-), 순비기나무(-), 바랭이(+), 갯마디풀(+), 그리고 갯쇠보리(-)의 출현에 의해 크게 2그룹으로 구분되었다.

제2수준(Level 2)은 통보리사초(+), 갯메꽃(+), 갯씀바귀(+), 갯쇠보리(-), 비수리(-)의 출현과 갯메꽃(-), 갯마디풀(+), 쯔보리사초(+), 바랭이(-), 취명아주(+), 소리쟁이(-), 왕바랭이(+),의 출현에 의해 4개 그룹으로 구분되었다.

제3수준(Level 3)은 갯그령(+), 억새(-), 순비기나무(+), 갯쇠보리(-), 갯메꽃(-), 방울비짜루(+), 비쭈(-)의 출현과 갯그령(-)의 출현, 바랭이(+), 갯메꽃(-), 잔디속(+), 소리쟁이(+), 쯔보리사초(-)의 출현과 취명아주(+),의 출현에 의해 8개 그룹으로 구분되었다.

그 결과 1그룹은 갯쇠보리-억새 군락, 2그룹은 갯그령-순비기나무-방울비짜루 군락, 3그룹은 갯그령 군락, 4그룹은 갯메꽃-통보리사초 군락, 5그룹은 갯메꽃-쯔보리사초 군락, 6그룹은 바랭이 군락, 7그룹은 쯔보리사초 군락, 8그룹은 취명아주 군락으로 구분되었다.

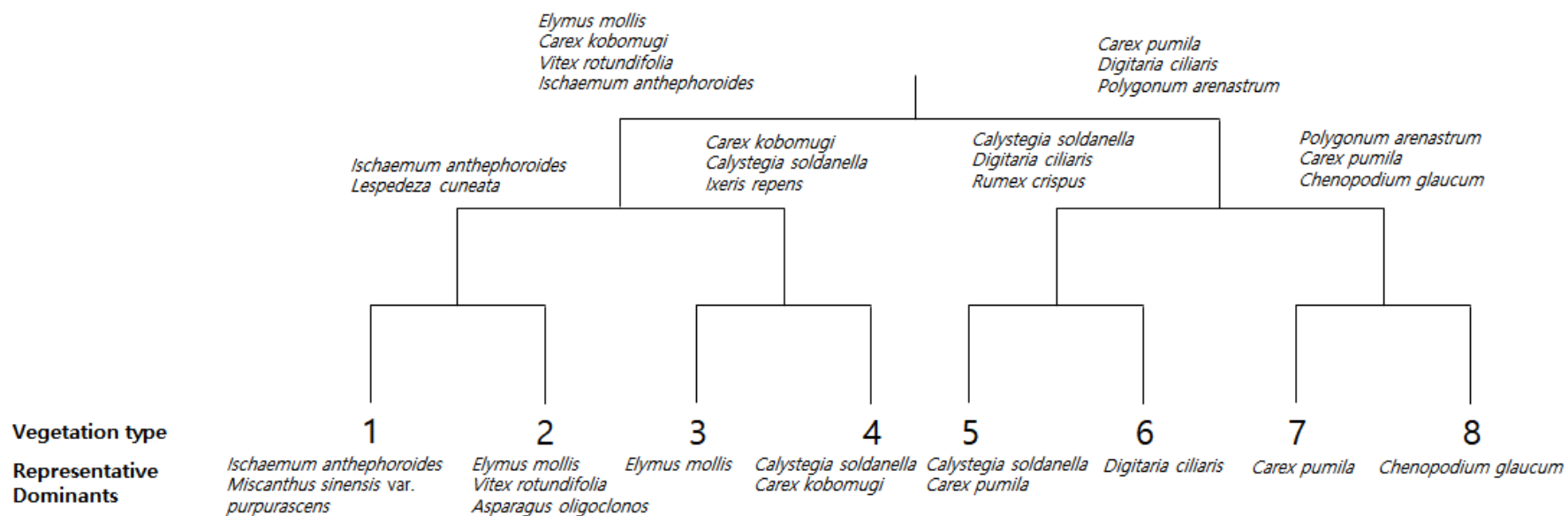


Figure 5. TWINSpan classification of 104 quadrats, and main dominants in each vegetation group. Indicator species for each division are shown.

4.2. 환경요인과 군락 간의 상관관계

TWINSPAN을 통해 구분된 8개 그룹의 식생군락을 CCA를 이용해 분석한 결과는 다음과 같았다(Figure 6). 1~8그룹은 pH와 EC의 영향을 받는 것으로 나타났으며, 8에서 1그룹으로 갈수록 만조선에서 멀어지는 경향을 보였다.

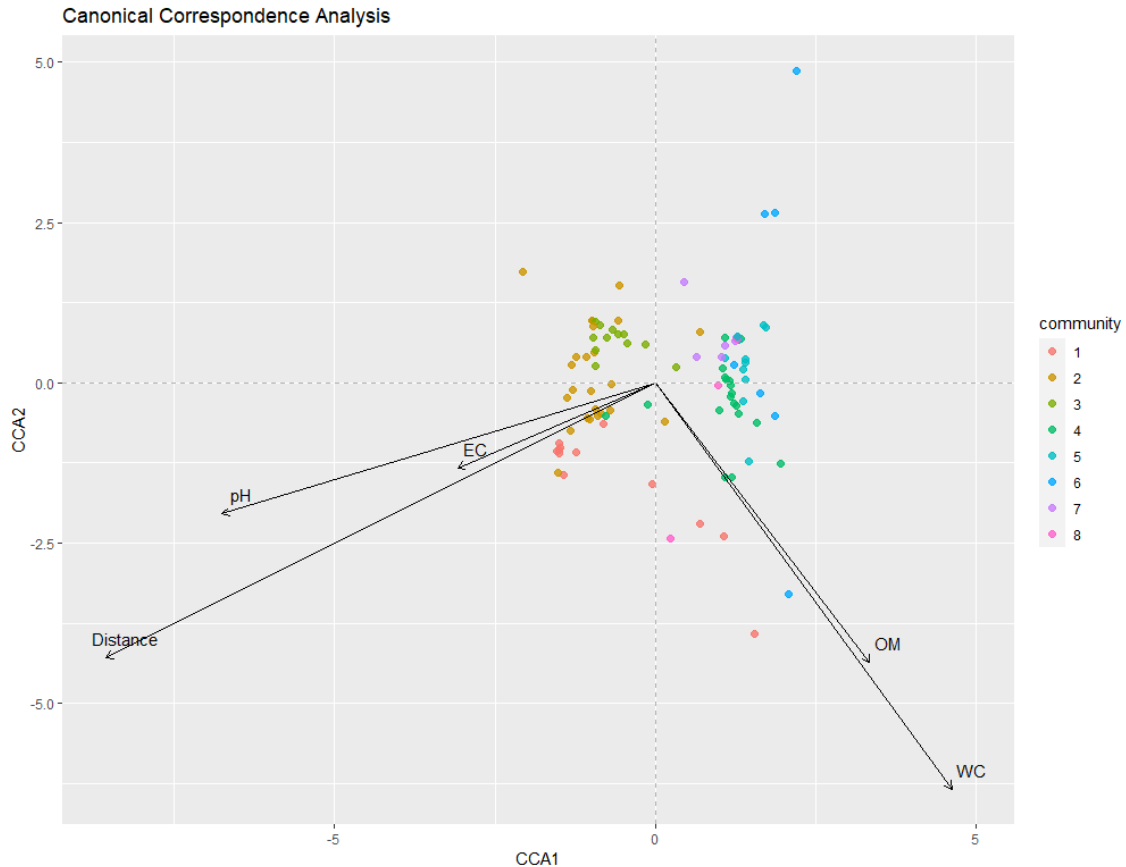


Figure 6. Canonical Correspondence Analysis(CCA) with 8 vegetation groups and environmental factors. Community1: *Ischaemum antheophoroides*-*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*, Community2: *Elymus mollis*-*Vitex rotundifolia*-*Asparagus oligoclonus*, Community3: *Elymus mollis*, Community4: *Calystegia soldanella*-*Carex kobomugi*, Community5: *Calystegia soldanella*-*Carex pumila*, Community6: *Digitaria ciliaris*, Community7: *Carex pumila*, Community8: *Chenopodium glaucum*.

5. 서해안 해안사구 귀화식물

문헌 조사 결과, 서해안 해안사구의 귀화식물은 20과 55속 77종 총 77분류군으로 정리되었다(Table 7). 이 중 좁명아주, 취명아주, 가시상추, 망초, 큰도꼬마리, 말냉이, 서양갯냉이, 좁다닥냉이, 콩다닥냉이, 아까시나무, 달맞이꽃, 소리쟁이, 복사나무, 백령풀 14종은 현장조사 지역인 경기만 내에서 발견되었다.

Table 7. List of naturalized plants in west coast, Korea. F.T.: Flowering time, D.F.: Dormancy form, S.W.: Mean 1000 seed weight, H.: Habitat, S.D.: Seed dispersal type.

Family	Scientific name	Korean name	F.T.	D.F.	Origins	S.W.(g)	H.	S.D.
Amaranthaceae	<i>Amaranthus blitum</i>	개비름	Jun-Aug	Th	Asia, Africa, Europe	0.338	md	D4
	<i>Chenopodium ficifolium</i>	좀명아주	Jun-Jul	Th	Asia, Europe, North Africa	0.255	md	D4
	<i>Atriplex prostrata subsp.</i>	창명아주	Jul-Sep	Th	Asia, Europe, North Africa	0.500	md	D4
	<i>Calotheca</i>							
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	Jul-Aug	Th	Asia, Europe	0.207	md	D4
	<i>Amaranthus retroflexus</i>	털비름	Jul-Aug	Th	North America	0.380	md	D4
	<i>Chenopodium album</i>	흰명아주	Jun-Jul	Th	Europe, North Africa, West Asia	0.700	md	D4
Boraginaceae	<i>Symphytum officinale</i>	컴프리	Jun-Jul	Ch	Asia, Europe	9.500	md	D4
Caryophyllaceae	<i>Silene armeria</i>	끈끈이대나물	Jun-Aug	H	Europe, West Asia	0.103	md	D4
Commelinaceae	<i>Tradescantia ohiensis</i>	자주닭개비	May-Sep	H	North America	0.382	md	D4
Compositae	<i>Xanthium italicum</i>	가시도꼬마리	Aug-Oct	Th	North America, South America	38.000	md	D2
	<i>Lactuca serriola</i>	가시상추*	Jul-Sep	Th	Europe, North Africa, West Asia	0.400	md	D1
	<i>Erigeron annuus</i>	개망초	Jun-Jul	Th	North America	0.030	md	D1
	<i>Senecio vulgaris</i>	개쑥갓	Apr-Oct	Th	Asia, Europe, North Africa	0.230	md	D1
	<i>Coreopsis tinctoria</i>	기생초	Jun-Sep	Th	North America	0.320	md	D4
	<i>Xanthium strumarium</i>	도꼬마리	Aug-Sep	Th	Asia, Europe, North America, South America	0.376	md	D2
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	돼지풀*	Aug-Oct	Th	North America	3.990	md	D2
	<i>Helianthus tuberosus</i>	동탄지	Sep-Oct	H	North America	6.000	md	D5
	<i>Tagetes minuta</i>	만수국아재비	Jul-Sep	Th	South America	0.770	md	D2
	<i>Erigeron canadensis</i>	망초	Jul-Sep	Th	North America	0.060	md	D1
	<i>Bidens frondosa</i>	미국가막사리	Jun-Oct	Th	North America	3.400	wetmd	D2
	<i>Sonchus oleraceus</i>	방가지동	May-Sep	Th	Asia, Europe, North Africa	0.420	md	D1
	<i>Erechtites hieraciifolius</i>	붉은서나물	Sep-Oct	Th	North America	0.455	md	D1
	<i>Symphyotrichum subulatum</i>	비짜루국화	Aug-Oct	Th	North America	0.053	md	D1
	<i>Taraxacum officinale</i>	서양민들레	Mar-Sep	Ch	Europe	0.700	md	D1
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	Jul-Sep	Th	South America	0.140	md	D1
	<i>Crassocephalum</i>	주홍서나물	Jul-Sep	Th	Africa	0.220	md	D4

	<i>crepidioides</i>							
	<i>Cosmos bipinnatus</i>	코스모스	Jun-Oct	Th	Mexico, South America	5.670	md	D4
	<i>Coreopsis lanceolata</i>	큰금계국	May-Aug	H	North America	2.100	md	D4
	<i>Xanthium canadense</i>	큰도꼬마리	Aug-Oct	Th	North America	0.647	md	D2
	<i>Erigeron sumatrensis</i>	큰망초	Jun-Sep	Th	South America	0.040	md	D1
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지뚥	May-Oct	Th	Europe, North Africa, West Asia	0.300	md	D1
	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	털별꽃아재비	Jun-Sep	Th	Tropical America	0.250	md	D1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i>	동근잎나팔꽃	Jul-Oct	Th	North America, South America	0.300	md	D4
	<i>Ipomoea coccinea</i>	동근잎유홍초	Aug-Sep	Th	North America	0.070	md	D4
	<i>Ipomoea hederacea</i>	미국나팔꽃	Jun-Oct	Th	North America, South America	0.250	md	D4
	<i>Cuscuta pentagona</i>	미국실새삼	Jul-Sep	Th	North America	0.780	md	D4
Cruciferae	<i>Brassica juncea</i>	갯	Mar-May	Th	West Asia	2.625	md	D4
	<i>Descurainia pinnata</i>	나도재쑥	May-Jun	Th	North America	0.110	md	D4
	<i>Thlaspi arvense</i>	말냉이	May	H	Europe, Southwest Asia	0.785	md	D4
	<i>Cakile edentula</i>	서양갯냉이	Jun-Aug	Th	North America	6.350	wetmd	D4
	<i>Lepidium ruderae</i>	좀다닥냉이	May-Jul	Th	Europe, Southwest Asia	0.226	md	D4
	<i>Lepidium virginicum</i>	콩다닥냉이	May-Jul	Th	North America	0.375	md	D4
Cucurbitaceae	<i>Sicyos angulatus</i>	가시박*	Jun-Sep	Th	North America, South America	93.000	wetmd	D2
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia maculata</i>	애기땅빈대	Jun-Sep	Th	North America	0.160	md	D4
Gramineae	<i>Vulpia myuros</i>	들묵새	Jun-Jul	Th	Africa, Europe, Southwest Asia	0.538	md	D2
	<i>Avena fatua</i>	메귀리	May-Jun	Th	Europe, Southwest Asia, North Africa	30.260	md	D2
	<i>Briza minor</i>	방울새풀	May-Jun	Th	Europe, Southwest Asia, North Africa	0.279	md	D4
	<i>Dactylis glomerata</i>	오리새	Jun-Jul	Ch	Europe, Southwest Asia, North Africa	1.000	md	D2
	<i>Poa pratensis</i>	왕포아풀	Jun-Jul	Ch	Europe	0.300	md	D4
	<i>Bromus tectorum</i>	털빚새귀리	May-Jul	Th	Europe, Southwest Asia, North Africa	3.000	md	D2
	<i>Lolium perenne</i>	호밀풀	Jun-Sep	Ch	Europe, North Africa, West Asia	1.300	md	D4
Leguminosae	<i>Medicago polymorpha</i>	개자리	Apr-Jun	Th	Europe, Southwest Asia, North Africa	3.300	md	D2

	<i>Trifolium pratense</i>	붉은토끼풀	May-Aug	H	Europe, Southwest Asia, North Africa	1.300	md	D4
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	아까시나무	May-Jun	M	North America	16.700	cultivated	D4
	<i>Medicago sativa</i>	자주개자리	May-Jul	H	Europe, Southwest Asia, North Africa	1.850	md	D4
	<i>Amorpha fruticosa</i>	족제비싸리	May-Jun	Th	North America	13.540	cultivated	D4
	<i>Trifolium repens</i>	토끼풀	May-Oct	Ch	Europe, North Africa, West Asia	0.650	md	D4
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i>	당아욱	Apr-Jun	Th	Asia, Europe, North Africa	3.500	md	D4
	<i>Hibiscus trionum</i>	수박풀	Jul-Sep	Th	Asia, Africa, Europe	3.786	md	D4
	<i>Abutilon theophrasti</i>	어저귀	Aug-Oct	Th	Tropical Asia	10.391	md	D4
Onagraceae	<i>Oenothera biennis</i>	달맞이꽃	Jun-Sep	Th	North America	0.330	md	D4
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca americana</i>	미국자리공	Jun-Sep	Ch	North America	11.876	md	D2
Plantaginaceae	<i>Veronica arvensis</i>	선개불알풀	Mar-Sep	Th	Europe, Southwest Asia, North Africa	0.200	md	D4
	<i>Veronica persica</i>	큰개불알풀	Mar-Sep	Th	Southwest Asia	0.550	md	D4
Polygonaceae	<i>Fallopia convolvulus</i>	나도닭의덩굴	May-Oct	Th	Asia, Europe, North Africa	2.985	md	D4
	<i>Fallopia dumetorum</i>	닭의덩굴	Jun-Sep	Th	Europe, West Asia	3.838	md	D4
	<i>Rumex obtusifolius</i>	돌소리쟁이	Jun-Aug	H	Europe, North Africa	1.867	md	D4
	<i>Fagopyrum esculentum</i>	메밀	Jul-Oct	Th	China	1.048	cultivated	D4
	<i>Rumex conglomeratus</i>	목발소리쟁이	May-Jun	H	Europe, North Africa, West Asia	0.761	md	D4
	<i>Rumex crispus</i>	소리쟁이	Jun-Jul	H	Asia, Europe, North Africa	1.400	wetmd	D4
	<i>Rumex acetosella</i>	애기수영*	May-Jun	H	Europe	0.470	md	D4
	<i>Rumex dentatus</i>	좁소리쟁이	May-Jun	H	Asia, Europe, North Africa		md	D4
Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	복사나무	Apr-May	M	China	9.684	cultivated	D2
Rubiaceae	<i>Diodella teres</i>	백령풀	Jul-Sep	Th	North America	11.167	md	D4
Simaroubaceae	<i>Ailanthus altissima</i>	가죽나무	Jun	MM	China	28.274	cultivated	D1
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	까마중	Jun-Oct	Th	Asia, Europe, North Africa	0.680	md	D2
	<i>Solanum carolinense</i>	도깨비가지*	May-Sep	H	North America	2.440	md	D2

*: Invasive alien plants

6. 귀화식물의 특성 분석

6.1. 분류군 별 특성(과)

서해안 해안사구의 귀화식물은 총 20개 과에 속했으며, 국화과(29.9%)가 가장 많은 비율을 차지했다(Figure 7). 경기만의 귀화식물은 총 8개 과로 국화과(21.4%)는 서해안 해안사구에 비해 낮게 나타났으나 십자화과가 28.6%로 서해안 해안사구(7.8%)보다 훨씬 높게 나타났다. 또한 경기만 해안사구에서는 비름과, 바늘꽃과, 장미과, 꼭두서니과가 비교적 높은 비율을 차지하였다.

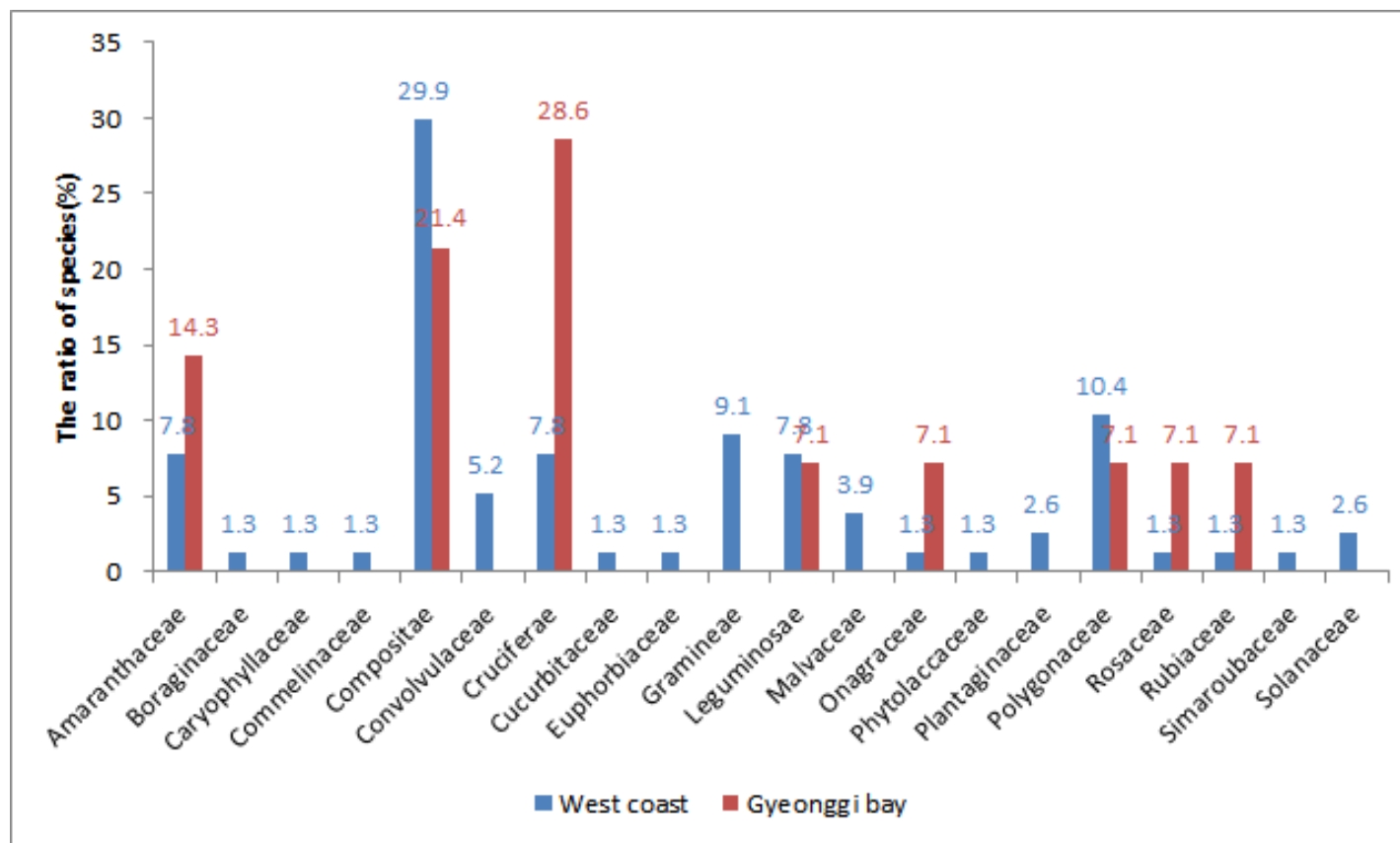


Figure 7. The comparisons of naturalized plants in coastal dunes of West coast, Korea (blue bar) and Gyeonggi bay (red bar).

6.2. 원산지

서해안 해안사구의 귀화식물 원산지는 북아메리카가 31.2%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 아시아-유럽-북아프리카(11.7%), 유럽-서남아시아-북아프리카(10.4%)가 그 다음으로 높은 비율을 차지하였다(Figure 8). 이는 경기만의 귀화식물도 크게 다르지 않았는데, 경기만에서도 북아메리카 원산지가 가장 큰 비중을 차지하였으며(50%), 아시아-유럽-북아프리카(14.3%), 유럽-서남아시아(14.3%)가 이를 뒤따랐다.

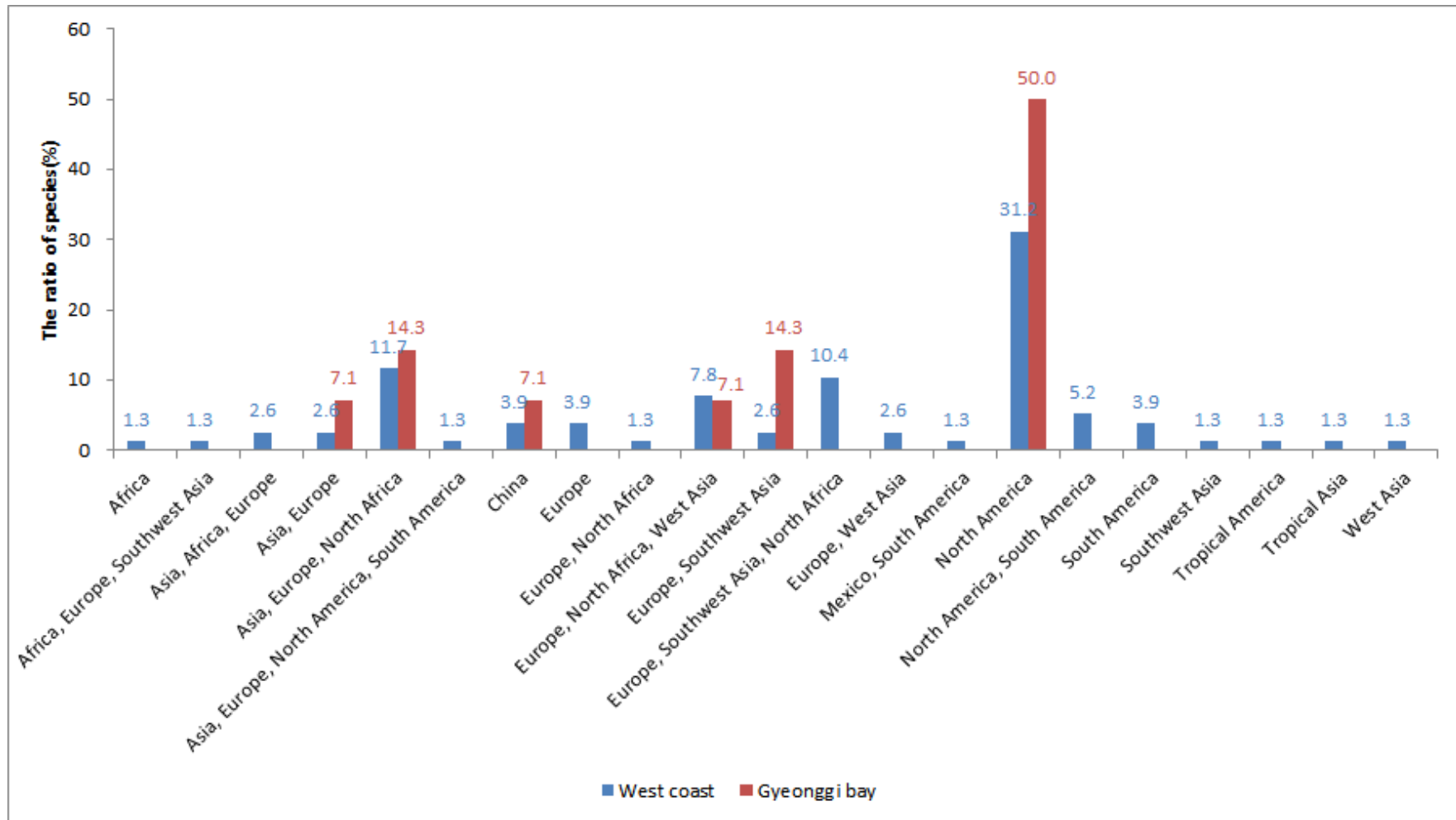


Figure 8. The comparisons of naturalized plants' origins in coastal dunes of West coast, Korea (blue bar) and Gyeonggi bay (red bar).

6.3. 휴면형

서해안 해안사구의 귀화식물은 일년생 식물(Th)이 가장 높은 비율을 차지했으며 반지중식물(H)이 그 다음으로 높은 비율을 차지하였다(Figure 9). 경기만의 귀화식물도 일년생 식물(71.4%)과 반지중식물(14.3%)로 유사한 비율을 보였으나, 목본식물인 복사나무와 아까시나무의 출현으로 소형지상식물(M)이 14.3%를 차지하였다.

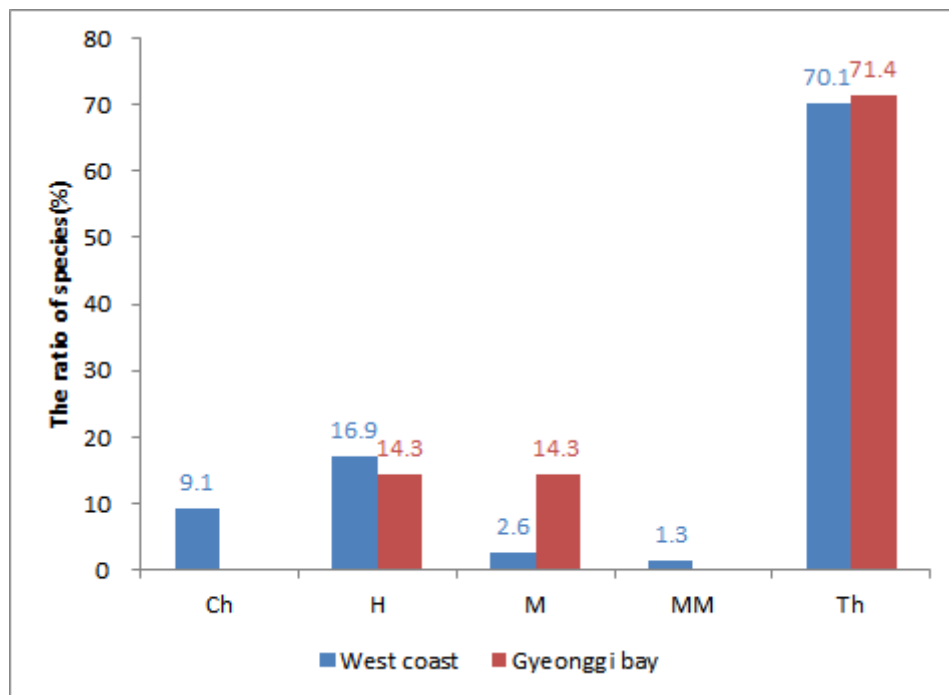


Figure 9. The comparisons of naturalized plants' dormancy forms in coastal dunes of West coast, Korea (blue bar) and Gyeonggi bay (red bar).

6.4. 종자산포형

종자의 산포형을 5가지로 분류하여 과별로 분석한 결과, 서해안 해안사구의 귀화식물은 중력매개산포(D4)가 가장 많았으며 그 다음 동물매개산포(D2), 풍수매개산포(D1), 영양생식(D5) 순으로 많았다(Table 8). 반면 경기만의 귀화식물은 중력매개산포가 가장 많고 그 다음으로 풍수매개산포와 동물매개산포가 동일한 비율로 나타났다(Table 9).

Table 8. Main seed dispersal syndromes of naturalized plants in coastal dunes of West coast, Korea.

Family	Main seed dispersal syndromes					Total
	D1	D2	D3	D4	D5	
Amaranthaceae				6		6
Boraginaceae				1		1
Caryophyllaceae				1		1
Commelinaceae				1		1
Compositae	12	6		4	1	23
Convolvulaceae				4		4
Cruciferae				6		6
Cucurbitaceae		1				1
Euphorbiaceae				1		1
Gramineae		4		3		7
Leguminosae		1		5		6
Malvaceae				3		3
Onagraceae				1		1
Phytolaccaceae		1				1
Plantaginaceae				2		2
Polygonaceae				8		8
Rosaceae		1				1
Rubiaceae				1		1
Simaroubaceae	1					1
Solanaceae		2				2
Total	13	16		47	1	77
(%)	(16.9)	(20.8)		(61.0)	(1.3)	(100)

Table 9. Main seed dispersal syndromes of naturalized plants in coastal dunes of Gyeonggi bay.

Family	Main seed dispersal syndromes					Total
	D1	D2	D3	D4	D5	
Amaranthaceae				2		2
Compositae	1	2				3
Cruciferae				4		4
Leguminosae				1		1
Onagraceae				1		1
Polygonaceae				1		1
Rosaceae	1					1
Rubiaceae				1		1
Total	2	2		10		14
(%)	(14.3)	(14.3)		(71.4)		(100)

IV. 고찰 및 결론

경기만 해안사구의 현황 및 특성

경기만의 해안사구는 대규모 토목사업이 이루어지고 있는 인천, 서울 등의 대도시에 인접하여 있으며, 해안선의 길이가 2km 미만으로 비교적 짧고 대부분이 사구지대 중 사빈에서 전사구까지만 존재하는 비교적 좁은 지역이다. 이러한 특성상 경기만 해안사구의 식생은 지속적인 물리적 환경 변화에 노출되어 있어 침입종에 취약하다. 그러나 그 협소한 크기로 인해 환경부의 전국 해안사구 정밀조사(2003-2017)에서도 제외되었으며, 염생식물 연구(심현보 등, 2002; 2009)에 일부 포함되었으나 해안사구 식생을 따로 연구한 바는 미비하다.

이에 본 연구는 현재 개발압력이 높은 경기만의 해안사구를 대상으로 (1) 경기만의 해안사구에 분포한 식생의 현황을 파악하고, (2) 현 식생을 군락으로 분류하여 환경 요인과의 관계를 정리하고, (3) 선행 문헌을 통해 서해안 해안사구의 귀화식물상을 정리하여 경기만과 비교하고, (4) 향후 해안사구의 귀화식물에 대한 효과적인 관리 방안을 수립하기 위한 기초 자료를 제공하기 위해서 수행되었다. 이를 위해 경기만의 7개 지역에서 조사가 이루어졌으며, 문헌을 통해 해안사구의 귀화식물상을 정리하고 이를 현장 조사 결과와 비교하였다.

경기만에서 조사된 해안사구 식물은 22과 49속 54종 5변종의 총 59분류군이었으며, 이들 중 사구식물은 13과 15종 1변종, 귀화식물은 12과 14종으로 분석되었다. 이우철&전상근(1984)은 사구가 발달된 서해안 9개 조사지역에서 16종의 사구식물을 기재하였는데, 본 조사에서 출현한 사구식물도 16종으로 동일하게 나타났다.

경기만 해안사구의 환경지수를 계산한 결과, 전체 귀화율은 23.7, 전체 도시화지수는 2.6, 전체 교란율은 12.5로 나타났다. 각 조사지 별로 비교해본 결과 귀화율이 높을수록 도시화지수도 비교적 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 명현호(2010)는 육상생태계에서는 대부분 도시화지수나 귀화율이 14.7(이유미 등, 2002)에서 17.2(임동욱 등, 2004)로 높게 나타나지만, 해안사구생태계는 육상생태계에 비해 도시화지수가 낮다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 도시화지수는 낮게 나타났지만 귀화율은 육상생태계보다 높게 나와 다른 결과를 보였다. 교란율은 생태계교란야생식물의 출현과 비례하며, 경기만에서는 가시상추와 환삼덩굴이 발견되었다. 가시상추는 짧은 생활환

과 다수의 종자생산능력을 지닌 전형적인 선구성 식물이며, 건조한 기후조건에 견디는 능력이 크다(Lebeda et al., 2004). 환삼덩굴 또한 생장속도가 빠르며, 덩굴식물의 생태적 특성상 일사량이 많은 광조건 지역에 적응하기 쉽다(오영주 등, 2008). 이러한 특징으로 볼 때 수분 스트레스가 높고 광량이 많은 해안사구는 두 식물종의 침입에 취약하다고 할 수 있다. 따라서 두 생태계교란야생식물의 분포 지역이 확산될 것을 대비해 지속적인 모니터링이 요구된다.

경기만의 해안사구식생 군락은 갯쇠보리-억새 군락, 갯그령-순비기나무-방울비짜루 군락, 갯그령 군락, 갯메꽃-통보리사초 군락, 갯메꽃-좀보리사초 군락, 바랭이 군락, 좀보리사초 군락, 취명아주 군락 등 8개 군락으로 구분되었다. CCA 분석 결과 8에서 1군락 순서대로 만조선에서 멀어지는 경향을 보였는데, 이러한 이유는 식생의 생육환경조건이 만조선으로부터의 거리에 따라 다르게 나타나기 때문이다(류평우, 2004). 군락의 순서는 갯그령이 선구종이고 그 뒤를 통보리사초가 따른다는 민병미(2004)의 결과와 반대였으나, 통보리사초와 갯메꽃이 대부분 혼합군락을 형성한다는 결과와는 같았다. 또한 갯쇠보리는 비교적 내륙에 가깝게 자라는 것으로 알려져 있어(추병길 등, 2008) 일반적인 분포와 같은 양상을 보였다. 그러나 만조선에 가깝게 나타난 취명아주 군락과 바랭이 군락은 각각 귀화식물과 비사구 자생식물로, 전형적인 사구식물이 아닌 종이 전사구에 침입해 있음을 보여주었다.

해안사구식생에 나타나는 귀화식물의 특성을 확인하고 경기만과 비교하기 위해 서해안 해안사구의 귀화식물상을 정리한 결과 20과 55속 77종 총 77분류군으로 구분되었다. 이들의 원산지는 대부분 북아메리카, 북아프리카, 유럽 등 기후대적으로 북반구 온대지역에 해당하는데, 이는 한국의 지리적 위치와 기후적 유사성 때문으로 보인다. 경기만의 귀화식물 원산지도 크게 다르지 않아, 다른 기후대에서 유입된 종들보다 침입과 적응이 더욱 유리하기 때문으로 판단된다. 또한 해안사구의 귀화식물과 경기만의 귀화식물은 일년생 식물(Th)의 비율이 높게 나타났는데, 이러한 높은 일년생 식물의 구성은 귀화식물종이 가지는 생태 전략 때문으로 생각된다. 일년생 식물은 지속적인 개체군 유지를 위해 이듬해 발아할 수 있는 휴면종자를 생산하는 데 많은 에너지를 소비하고 양적으로 많은 종자를 생산하며, 상대적으로 빨리 성장하는 등의 생태적 특징을 가지고 있다(Del Vecchio, 2015). 이러한 전략을 가진 일년생 식물종은 교란을 받은 서식지에서 우점하는 특징을 갖는다(김종원&이울경, 2006). 종자산포형의 경우, 서해안 해안사구의 귀화식물에서는 중력산포 다음으로 풍수매개산포, 동물매개산포하

는 유형이 많았는데, 이는 날개가 달린 국화과나 까락이 달린 벼과의 종자 때문으로 생각된다. 풍수매개와 동물매개는 외부환경을 이용한 산포 기작으로 나머지 자동산포, 중력산포, 영양번식에 비해 보다 멀리 분산할 수 있는 가능성이 높다(이정현, 2015). 그러나 경기만에서는 풍수매개산포와 동물매개산포 종자의 비율이 훨씬 적고 전체에 비해 중력산포의 비율이 좀더 높았는데, 이는 귀화식물종의 유입 과정에서 인간의 영향이 작용했기 때문이라고 생각된다.

서해안 해안사구 귀화식물의 특성을 이해하는 것은 앞으로의 경기만 귀화식물의 침입을 방지하는 데 도움이 될 것으로 판단된다. 특히 경기만 해안사구의 귀화율은 육상생태계보다 높게 나와 귀화식물종의 많은 유입이 의심되며, 비교적 분산 가능성이 낮은 중력산포 종자가 많이 번식하는 것으로 보아 귀화식물의 유입에 인간의 개입이 작용했을 것으로 보인다. 또한 경기만의 귀화식물 특성이 서해안 해안사구의 귀화식물 특성과 크게 다르지 않았으므로 경기만에서 확인된 14종의 귀화식물 외에도 다른 종이 유입될 가능성이 있어 보인다. 따라서 경기만 해안사구의 자연성·건강성 회복을 위해서는 지속적인 조사 연구와 모니터링이 요구될 것으로 판단된다. 사구에 출현한 생태계교란야생식물인 가시상추와 환삼덩굴에 관해서는 특히 관리가 필요할 것으로 생각된다.

경기만 해안사구의 보전 및 관리방안

경기만의 해안사구를 보전 및 관리하기 위해서는 먼저 해안사구의 상태를 정량적으로 평가할 수 있는 지표가 필요할 것으로 보인다. 명현호(2010)의 연구에서는 해안사구 생태계의 건강성 평가를 위해 사구 식생 분포면적, 패치 풍부도, 종 다양도, 일정 면적당 생물량, 사구식물 종수, 귀화식물의 출현 정도 등 6개의 항목을 조사하여 5개의 등급으로 구분하였다. 그러나 이 기준은 사구 식생 요소에 대해서만 평가되어 있기 때문에 해안선의 길이 및 폭, 사구의 형태, 사구 주변의 인공요소 등을 고려할 필요가 있다. 특히 경기만의 해안사구는 다른 해안사구에 비해 해안선 길이와 폭이 좁고 사구의 형태도 전사구에 그치기 때문에 더욱 세세한 조사항목이 요구된다.

일반적으로 등급을 매길 경우 우수 지역과 일반 지역, 훼손 지역으로 나눌 수 있으나 경기만의 경우 이미 개발이 오래 진행되어 대부분 훼손된 지역일 것으로 예상된다. 따라서 보전과 동시에 해안사구를 복원하는 방법이 고려되어야 한다. 복원에는 모래집적울타리를 설치하거나 해변의 모래를 인위적으로 두텁게 쌓아 사구의 형태를 만

드는 방법이 있다(환경부, 2002). 이후 식물을 식재하게 되는데 이때 주의할 것은 망초, 개망초, 달맞이꽃, 족제비싸리와 같이 군락을 형성하는 귀화식물을 제거하는 것이다. 식재하는 종은 전형적인 사구식생을 만조선에서부터의 거리를 고려하여 연구된 바(민병미, 2004)에 맞게 식재하여야 할 것이다. 보전이 필요한 지역에서는 사빈 이외의 지점을 출입금지구역으로 지정하거나 사구 위로 데크를 만들어 답압효과를 피하는 것이 필요하다.

V. 참고문헌

- 김은규. (2013). 한국의 염생식물. 자연과생태.
- 김종원, 이울경. 2006. 식물사회학적 식생 조사와 평가방법. 서울:월드사이언스출판사.
- 김창기, 길지현. (2017). 한반도 외래식물. 자연과생태.
- 김하송, 이정윤, & 최진희. (2005). 사량도 해안식생과 귀화식물에 대한 생태학적 연구. 한국도서연구, 17(2), 173-190.
- 국립환경과학원. (2015). 한국의 해안사구: 분포와 생태. 국립환경과학원.
- 류평우. (2004). 해안사구의 경관단위에 따른 식생관리방안에 관한 연구. 경원대학교 대학원 석사학위논문.
- 명현호. (2010). 건강성 평가를 통한 해안사구생태계 보전·관리방안 연구. 목포대학교 대학원 박사학위논문.
- 민병미. (1998). 한국 서해안의 해안식생에 대하여. Ocean and polar research, 20(2), 167-178.
- 민병미. (2004). 통보리사초 (*Carex kobomugi* Ohwi) 의 생육 특성. 한국생태학회지, 27(1), 49-55.
- 박수현. (1996). 한국의 외래·귀화식물, 대원사.
- 신학섭, 김텃골, & 윤충원. (2015). 우리나라 중·서부 해안식생의 식물사회학적 식생 유형과 식물상. Journal of Apiculture, 30(4), 315-329.
- 심현보, 서석민, & 최병희. (2002). 경기만 연안지역의 염생식물 분포. 환경생물, 20(1), 25-34.
- 심현보, 조원범, & 최병희. (2009). 한반도 해안염습지와 사구 염생식물 분포. 한국식물분류학회지, 39(4), 264-276.
- 오승환, & 김혁진. (2008). 남해안 및 제주도 일대 해안사구의 자원식물상. 한국자원식물학회지, 21(5), 374-387.
- 오영주, 류지혁, 문병철, 손수인, 오세문, & 김석철. (2008). 한국 중부지방의 환삼덩굴 군락구조와 서식지 특성. 한국환경농학회지 제권제호, 27, 1.

- 오현경, 사공정희, & 유주한. (2011). 계룡시에 분포하는 귀화식물과 환경지수 분석. 한국환경생태학회지, 25(4), 479-489.
- 오현경, 임동옥, & 김용식. (2009). 변산반도국립공원의 귀화식물 분포특성 및 관리대책. 한국환경생태학회지, 23(2), 105-115.
- 이우철, & 전상근. (1983). 한국해안식물의 생태학적 연구: 남해안의 사구식생에 관하여. 한국생태학회지, 6(3), 177-186.
- 이우철, & 전상근. (1984). 한국해안식물의 생태학적 연구: 서해안의 사구식생에 관하여. 한국생태학회지, 7(2), 74-84.
- 이유미, 김성식, 조동광, 정승선. (2002). 경기도 축령산과 서리산 일대 식물상. 한국환경생태학회지, 16(1):104-123.
- 이유미, 박수현, 정수영, 오승환, & 양종철. (2011). 한국내 귀화식물의 현황과 고찰. 한국식물분류학회지, 41(1), 87-101.
- 이정현. (2015). 울릉도 귀화식물의 특성과 공간 분포 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 임동옥, 유윤미, 황인천. (2004). 광주광역시 도심 대규모 하천의 귀화식물 분포 및 환경지수 분석. 한국환경생태학회지, 18(3):288-296.
- 임양재, & 전의식. (1980). 한반도의 귀화식물 분포. Journal of Plant Biology, 23, 69-83.
- 전영문. (2007). 우이도 해안사구식생의 군락생태와 입지환경. 환경생물, 25(1), 56-65.
- 정용규, & 김종원. (1998). 경북의 해안사구식생. 한국생태학회지, 21(3), 257-262.
- 조우, 송홍선, 홍성철, & 최덕천. (2009). 동해안 해수욕장 주변의 해안사구 식생 특성. 한국환경생태학회지, 23(6), 499-505.
- 최광희, 김윤미 & 길지현. (2015). 한국의 해안사구: 분포와 생태. 국립환경과학원.
- 최영은. (2019). 진도 당재봉 일대 토지이용 변화에 따른 해안사구 식생변화. 한국도서연구, 31(3), 277-294.
- 최영은. (2019). 해안사구 식생의 침입종에 의한 종조성 변화에 관한 연구-진도·완도·해남을 중심으로. 한국도서연구, 31(4), 397-416.
- 최충호, 서병수, 박우진, & 박성학. (2006). 신두리 해안 사구 지역의 식물상. 한국자원식물학회지, 19(2), 209-217.

- 추병길, 지윤익, 문병철, 김보배, 이아영, 윤태숙, 송호경 & 김호경. (2008). 갯방풍 자생지의 식생구조 및 군락특성에 관한 연구. 한국환경복원기술학회지 (환경복원기술), 11(6), 38-48.
- 한영훈, 이용호, 김종봉, & 조광진. (2013). 동해안 해안사구의 식생특성. 한국환경복원기술학회지, 16(1), 55-69.
- 환경부. (2001). 우리나라 해안사구 목록. 환경부.
- 환경부. (2002). 해안사구 보전·관리 지침. 환경부.
- 환경부. (2009). 전국 해안사구 정밀조사 보고서: 덕적도, 임자도. 환경부.
- Brown, A. C., & McLachlan, A. (2010). The ecology of sandy shores. Elsevier.
- Del Vecchio, S., Pizzo, L., & Buffa, G. (2015). The response of plant community diversity to alien invasion: evidence from a sand dune time series. Biodiversity and conservation, 24(2), 371-392.
- Farris, E., Pisanu, S., Ceccherelli, G., & Filigheddu, R. (2013). Human trampling effects on Mediterranean coastal dune plants. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 147(4), 1043-1051.
- Feagin, R.A., Furman, M., Salgado, K., Martinez, M.L., Innocenti, R.A., Eubanks, K., Figlus, J., Huff, T.P., Sigren, J & Silva, R. (2019). The role of beach and sand dune vegetation in mediating wave run up erosion. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 219, 97-106.
- Iwasato, M., & Nagamatsu, D. (2018). Plant species diversity and habitat conditions in a protected large coastal dune area of western Japan. Landscape and ecological engineering, 14(1), 99-113.
- Kim, K. D. (2005). Invasive plants on disturbed Korean sand dunes. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 62(1-2), 353-364.
- Lebeda, A., Dolezalova, I., Ferakova, V. and Astley, D. 2004. Geographical distribution of wild Lactuca species (Asteraceae, Lactuceae). Bot. Rev. 70(3):328-356.
- Parra-Tabla, V., Albor-Pinto, C., Tun-Garrido, J., Angulo-Pérez, D., Barajas,

- C., Silveira, R., Javier Ortíz-Díaz, J. & Arceo-Gómez, G. (2018). Spatial patterns of species diversity in sand dune plant communities in Yucatan, Mexico: importance of invasive species for species dominance patterns. *Plant Ecology & Diversity*, 11(2), 157-172.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., & West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, 6(2), 93-107.
- TRY Plant Trait Database [Website]. (2012, January 11). Retrieved from <https://www.try-db.org/TryWeb/Home.php>

부록

Appendix 1. The list of related literatures of dune plants and naturalized plants in coastal dunes, Korea.

No.	Date	Authors	Title
1	1983	이우철, 전상근	한국해안식물의 생태학적 연구-남해안의 사구식생에 관하여-
2	1984	이우철, 전상근	한국해안식물의 생태학적 연구-서해안의 사구식생에 관하여-
3	1998	민병미	한국 서해안의 해안식생에 대하여
4	1998	정용규, 김종원	경북의 해안사구식생
5	2002	심현보, 서석민, 최병희	경기만 연안지역의 염생식물 분포
6	2004	민병미	통보리사초의 생육특성
7	2005	Kee Dae Kim	Invasive plants on disturbed Korean sand dunes
8	2005	김하송, 이정윤, 최진희	사량도 해안식생과 귀화식물에 대한 생태학적 연구
9	2006	최충호 등	신두리 해안 사구 지역의 식물상
10	2007	전영문	우이도 해안사구식생의 군락생태와 입지환경
11	2008	오승환, 김혁진	남해안 및 제주도 일대 해안사구의 자원식물상
12	2008	추병길 등	갯방풍 자생지의 식생구조 및 군락특성에 관한 연구
13	2009	심현보, 조원범, 최병희	한반도 해안염습지와 사구 염생식물 분포
14	2009	조우 등	동해안 해수욕장 주변의 해안사구 식생 특성
15	2009	환경부	전국 해안사구 정밀조사-덕적도, 임자도-
16	2013	김은규	한국의 염생식물
17	2013	한영훈 등	동해안 해안사구의 식생특성
18	2015	신학섭, 김텃골, 윤충원	우리나라 중서부 해안식생의 식물사회학적

			식생유형과 식물상
19	2017	김창기, 길지현	한반도 외래식물
20	2019	최영은	진도 당재봉 일대 토지이용 변화에 따른 해안사구 식생변화
21	2019	최영은	해안사구 식생의 침입종에 의한 종조성 변화에 관한 연구

Appendix 2. The list of coastal dune plants in West·South·East coast and Jeju.

Family	Korean name	Scientific name	West coast	South coast	East coast	Jeju
갯질경과	갯길경	<i>Limonium tetragonum</i>	○	○	○	○
골풀과	물골풀	<i>Juncus gracillimus</i>				
골풀과	갯골풀	<i>Juncus haenkei</i>	○	○		
국화과	갯쑥부쟁이	<i>Aster hispidus</i>	○	○	○	
국화과	해국	<i>Aster spathulifolius</i>	○		○	
국화과	사철쑥	<i>Artemisia caespitosa</i>	○	○	○	
국화과	갯쑥바귀	<i>Ixeris repens</i>	○	○	○	
국화과	사데풀	<i>Sonchus brachyotus</i>	○	○	○	
국화과	갯금불초	<i>Wedelia prostrata</i>				○
국화과	비쑥	<i>Artemisia scoparia</i>	○	○	○	○
골풀과	참골무꽃	<i>Scutellaria strigillosa</i>	○		○	
마편초과	순비기나무	<i>Vitex rotundifolia</i>	○	○	○	○
메꽃과	갯메꽃	<i>Calystegia soldanella</i>	○	○	○	○
메꽃과	갯실새삼	<i>Cuscuta chinensis</i>			○	
미나리과	갯사상자	<i>Cnidium japonicum</i>	○	○	○	○
미나리과	갯방풍	<i>Glehnia littoralis</i>	○	○	○	
백합과	망울비짜루	<i>Hasparagus oligoclonos</i>	○			
백합과	갯천문동	<i>Asparagus brachyphyllus</i>				

벼과	산조풀	<i>Calamagrostis epigeios</i>	○			
벼과	갯그렁	<i>Elymus mollis</i>	○	○	○	
벼과	갯보리	<i>Elymus dahuricus</i>	○	○	○	
벼과	우산잔디	<i>Cynodon dactylon</i>		○	○	
벼과	왕잔디	<i>Zoysia macrostachya</i> <i>Setaria viridis</i>	○	○	○	
벼과	갯강아지풀	<i>var. parchystachys</i> <i>Imperata</i>				
벼과	띠	<i>cylindrica var. koenigii</i>	○	○		
벼과	갯쇠보리	<i>Ischaemum anthephoroides</i>	○	○	○	○
벼과	모새달	<i>Phacelurus latifolius</i>	○	○		
비름과	버들명아주	<i>Chenopodium virgatum</i>				
비름과	갯능쟁이	<i>Atriplex subcordata</i>	○		○	
비름과	갯땀싸리	<i>Kochia scoparia var. littorea</i>	○		○	○
비름과	솔장다리	<i>Salsola collin</i>	○	○	○	○
비름과	수송나물	<i>Salsola komarovii</i>	○	○	○	○
비름과	호모초	<i>Corispermum stauntonii</i>	○		○	
사초과	통보리사초	<i>Carex kobomugi</i>	○	○	○	
사초과	갯청사초	<i>Carex breviculmis var. fibrillosa</i>				
사초과	좁보리사초	<i>Carex pumila</i>	○	○	○	
사초과	갯방동산이	<i>Cyperus</i>				

사초과	향부자	<i>polystachyos</i> <i>Cyperus</i> <i>rotundus</i>				
석류풀과	번행초	<i>Tetragonia</i> <i>tetragonoides</i>	○	○	○	○
석죽과	큰개미자리	<i>Sagina maxima</i>				
십자화과	갯무	<i>Raphanus</i> <i>sativus var.</i> <i>hortensis</i>				
장미과	해당화	<i>Rosa rugosa</i>	○		○	
지치과	갯지치	<i>Mertensia</i> <i>asiatica</i>		○		
지치과	모래지치	<i>Messerschmidia</i> <i>sibirica</i>	○	○	○	○
질경이과	개질경이	<i>Plantago</i> <i>camtschatica</i>	○		○	○
콩과	갯완두	<i>Lathyrus</i> <i>japonicus</i>	○	○	○	
현삼과	해란초	<i>Linaria japonica</i>			○	
현호색과	갯괴불주머니	<i>Corydalis</i> <i>platycarpa</i>	○			○
현호색과	염주괴불주머니	<i>Corydalis</i> <i>heterocarpa</i>				

Appendix 3. The list of naturalized plants in West·South·East coast and Jeju.

Family	Korean name	Scientific name	West coast	South coast	East coast	Jeju
가지과	까마중	<i>Solanum nigrum</i>	○	○	○	○
가지과	도깨비가지*	<i>Solanum carolinense</i>	○	○		
가지과	독말풀	<i>Datura stramonium</i> <i>var. chalybea</i>	○			
팥이밥과	팥이밥	<i>Oxalis corniculata</i>	○	○		
팥이밥과	덩이팥이밥	<i>Oxalis articulata</i>	○			
팥이밥과	자주팥이밥	<i>Oxalis debilis</i> <i>var.</i> <i>corymbosa</i>	○			
국화과	가시도꼬마리	<i>Xanthium italicum</i>	○		○	
국화과	가시상추*	<i>Lactuca serriola</i>	○	○		
국화과	개망초	<i>Erigeron annuus</i>	○	○	○	○
국화과	개쑥갓	<i>Senecio vulgaris</i>	○	○	○	○
국화과	기생초	<i>Coreopsis tinctoria</i>	○	○		
국화과	도꼬마리	<i>Xanthium strumarium</i>	○	○	○	○
국화과	돼지풀*	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	○	○	○	○
국화과	똥판지	<i>Helianthus tuberosus</i>	○	○		
국화과	만수국아재비	<i>Tagetes minuta</i>	○	○		
국화과	망초	<i>Erigeron canadensis</i>	○	○	○	○
국화과	미국가막사리	<i>Bidens frondosa</i>	○	○	○	○

국화과	방가지뚥	<i>Sonchus oleraceus</i>	○	○	○	○
국화과	별꽃아재비	<i>Galinsoga parviflora</i>	○			
국화과	붉은서나물	<i>Erechtites hieraciifolius</i>	○			
국화과	비짜루국화	<i>Symphyotrichum subulatum</i>	○			
국화과	서양금혼초*	<i>Hypochaeris radicata</i>	○		○	
국화과	서양민들레	<i>Taraxacum officinale</i>	○	○	○	○
국화과	실망초	<i>Erigeron bonariensis</i>	○	○		○
국화과	울산도깨비바늘	<i>Bidens pilosa</i>	○	○		
국화과	주홍서나물	<i>Crassocephalum crepidioides</i>	○	○		
국화과	코스모스	<i>Cosmos bipinnatus</i>	○	○	○	
국화과	큰금계국	<i>Coreopsis lanceolata</i>	○	○		
국화과	큰도꼬마리	<i>Xanthium canadense</i>	○			
국화과	큰망초	<i>Erigeron sumatrensis</i>	○	○		○
국화과	큰방가지뚥	<i>Sonchus asper</i>	○	○	○	○
국화과	털별꽃아재비	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	○	○	○	
꼭두서니과	백령풀	<i>Diodella teres</i>	○		○	
닭의장풀과	자주닭개비	<i>Tradescantia ohiensis</i>	○			
대극과	애기땅빈대	<i>Euphorbia maculata</i>	○	○		

대극과	큰땅빈대	<i>Euphorbia hypericifolia</i>		○		
마디풀과	나도닭의덩굴	<i>Fallopia convolvulus</i>	○			
마디풀과	닭의덩굴	<i>Fallopia dumetorum</i>	○	○	○	
마디풀과	돌소리쟁이	<i>Rumex obtusifolius</i>	○			
마디풀과	메밀	<i>Fagopyrum esculentum</i>	○			
마디풀과	목발소리쟁이	<i>Rumex conglomeratus</i>	○	○	○	
마디풀과	소리쟁이	<i>Rumex crispus</i>	○	○	○	○
마디풀과	애기수영*	<i>Rumex acetosella</i>	○		○	○
마디풀과	좀소리쟁이	<i>Rumex dentatus</i>	○		○	
메꽃과	나팔꽃	<i>Ipomoea nil</i>	○			
메꽃과	등근잎나팔꽃	<i>Ipomoea purpurea</i>	○	○		
메꽃과	등근잎유홍초	<i>Ipomoea coccinea</i>	○			
메꽃과	미국나팔꽃	<i>Ipomoea hederacea</i>	○			
메꽃과	미국실새삼	<i>Cuscuta pentagona</i>	○			
메꽃과	서양메꽃	<i>Convolvulus arvensis</i>	○			
바늘꽃과	달맞이꽃	<i>Oenothera biennis</i>	○	○	○	○
바늘꽃과	애기달맞이꽃	<i>Oenothera laciniata</i>	○		○	
바늘꽃과	큰달맞이꽃	<i>Oenothera × erythrosepala</i>	○	○	○	

박과	가시박*	<i>Sicyos angulatus</i>	○		
벼과	갯드렁새	<i>Leptochloa fusca</i>	○		
벼과	구주개밀	<i>Elymus repens</i>		○	
벼과	까락빡새귀리	<i>Bromus sterilis</i>		○	
벼과	능수참새그렁	<i>Eragrostis curvula</i>	○		
벼과	돌피	<i>Echinochloa crus-galli</i>	○		
벼과	들묵새	<i>Vulpia myuros</i>	○	○	○
벼과	메귀리	<i>Avena fatua</i>	○	○	
벼과	미국개기장	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	○		○
벼과	방울새풀	<i>Briza minor</i>	○	○	
벼과	오리새	<i>Dactylis glomerata</i>	○	○	○
벼과	왕포아풀	<i>Poa pratensis</i>	○	○	
벼과	쥐보리	<i>Lolium multiflorum</i>	○		○
벼과	큰김의털	<i>Festuca arundinacea</i>	○		○
벼과	큰이삭풀	<i>Bromus catharticus</i>			○
벼과	큰조아재비	<i>Phleum pratense</i>	○		
벼과	큰참새귀리	<i>Bromus secalinus</i>	○		
벼과	털빡새귀리	<i>Bromus tectorum</i>	○	○	○

벼과	호밀풀	<i>Lolium perenne</i>	○			○
비름과	개비름	<i>Amaranthus blitum</i>	○	○		
비름과	냄새명아주	<i>Dysphania pumilio</i>	○			
비름과	좀명아주	<i>Chenopodium ficifolium</i>	○	○	○	
비름과	창명아주	<i>Atriplex prostrata subsp. Calotheca</i>	○			
비름과	취명아주	<i>Chenopodium glaucum</i>	○	○	○	
비름과	털비름	<i>Amaranthus retroflexus</i>	○	○		
비름과	흰명아주	<i>Chenopodium album</i>	○	○	○	○
석죽과	끈끈이대나물	<i>Silene armeria</i>	○			
선인장과	보검선인장	<i>Opuntia ficus-indica</i>			○	
소태나무과	가죽나무	<i>Ailanthus altissima</i>	○			
십자화과	갯	<i>Brassica juncea</i>	○	○		○
십자화과	나도재쑥	<i>Descurainia pinnata</i>	○			
십자화과	말냉이	<i>Thlaspi arvense</i>	○	○		
십자화과	서양갯냉이	<i>Cakile edentula</i>	○			
십자화과	서양무아재비	<i>Raphanus raphanistrum</i>	○		○	
십자화과	좀다닥냉이	<i>Lepidium ruderae</i>	○			
십자화과	콩다닥냉이	<i>Lepidium virginicum</i>	○	○	○	○

아욱과	난쟁리아욱	<i>Malva neglecta</i>	○		
아욱과	당아욱	<i>Malva sylvestris</i>	○		
아욱과	수박풀	<i>Hibiscus trionum</i>	○	○	
아욱과	어저귀	<i>Abutilon theophrasti</i>	○	○	
아욱과	접시꽃	<i>Alcea rosea</i>	○		
양귀비과	개양귀비	<i>Papaver rhoeas</i>	○		○
자리공과	미국자리공	<i>Phytolacca americana</i>	○	○	
자리공과	자리공	<i>Phytolacca esculenta</i>	○		
장미과	개소시랑개비	<i>Potentilla supina</i>	○		
장미과	복사나무	<i>Prunus persica</i>	○		
지치과	컴프리	<i>Symphytum officinale</i>	○		
질경이과	미국질경이	<i>Plantago virginica</i>	○		○
질경이과	선개불알풀	<i>Veronica arvensis</i>	○		
질경이과	창질경이	<i>Plantago lanceolata</i>	○		○
질경이과	큰개불알풀	<i>Veronica persica</i>	○	○	○
콩과	개자리	<i>Medicago polymorpha</i>	○	○	○
콩과	붉은토끼풀	<i>Trifolium pratense</i>	○		
콩과	아까시나무	<i>Robinia pseudoacacia</i>	○	○	○

콩과	자주개자리	<i>Medicago sativa</i>	○		○	○
콩과	잔개자리	<i>Medicago lupulina</i>			○	
콩과	족제비싸리	<i>Amorpha fruticosa</i>	○	○	○	
콩과	토끼풀	<i>Trifolium repens</i>	○	○	○	
현삼과	우단담배풀	<i>Verbascum thapsus</i>	○			

Abstract

Distribution patterns and characteristics of naturalized plants in coastal sand dunes of Gyeonggi bay, Korea

Young-eun, Kim

School of Biological Sciences

The Graduate School

Seoul National University

Coastal sand dunes are of high ecological value, as are the ecotone of marine and terrestrial ecosystems. However, most of them have been destroyed by human activities, especially in Gyeonggi bay, where various development and reclamation projects have been carried out. Therefore, this study was conducted to identify the current status of vegetation in the coastal sand dunes of Gyeonggi bay and to identify the characteristics and distribution of naturalized plants in Gyeonggi bay and to provide them as basic data for establishing effective management measures. For this purpose, the emerged species were investigated using the transect method in seven areas of Gyeonggi bay. The soil analysis was carried out to investigate the environmental factors and to calculate the environmental assessment indices. The classification of colonies using TWINSpan analysis was then conducted, and the correlation between environmental factors and colonies was identified using CCA analysis. In addition, the west coastal

sand dune naturalized plants and the Gyeonggi bay coastal sand dune naturalized plants were compared by referring to the preceding literatures. The survey showed that the vegetation in the coastal sand dunes of Gyeonggi bay was included 59 taxa in total: 22 families, 49 genera, 54 species, and 5 varieties. The environmental assessment indices of Gyeonggi bay were 23.7 of naturalized index, 2.6 of urbanized index, and 12.5 disturbed index. The coastal sand dune colony in Gyeonggi bay was divided into eight colonies, including *Ischaemum anthephoroides*-*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*, *Elymus mollis*-*Vitex rotundifolia*-*Asparagus oligoclonos*, *Elymus mollis*, *Calystegia soldanella*-*Carex kobomugi*, *Calystegia soldanella*-*Carex pumila*, *Digitaria ciliaris*, *Carex pumila*, *Chenopodium glaucum* appeared in order that was distant to the high-tide line. As a result of organizing the naturalized plants in the west coastal sand dunes for comparison with them in Gyeonggi bay, most of their origins were in temperate regions of the Northern Hemisphere, including North America, North Africa and Europe, and they were not much different in Gyeonggi bay. The dormancy type had the highest percentage of annual plants in both coastal dunes and Gyeonggi bay and the seed dispersal type had the largest portion of dispersion of gravity in both. According to the study, the naturalized index of Gyeonggi bay was relatively high. And as naturalized plants such as *Chenopodium glaucum* colony and non-coastal plants such as *Digitaria ciliaris* have invaded close to the high-tide line, it was deemed necessary to manage non-coastal plants as well as naturalized plants. Since the characteristics of naturalized plants in Gyeonggi bay was not much different from that of naturalized plants in the entire coastal sand dunes, there is a possibility that other species will be introduced in addition to the 14 confirmed species. Therefore, it is thought that measures are needed to manage naturalized plants in coastal dunes and preserve dunes in Gyeonggi bay, where invasion is expected. In particular, *Lactuca scariola* and *Humulus japonicus*, which are ecological disturbance wild plants with high

growth and breeding rates, appear in Gyeonggi bay, thus requiring continuous monitoring and management.

Keywords: coastal dunes, naturalized plants, Gyeonggi bay, west coast, vegetation distribution, ecological characteristics, environmental factors

Student Number: 2018-20416